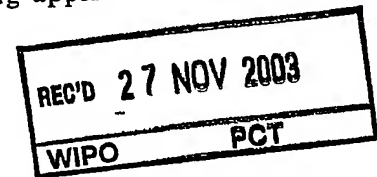


日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 2 月 2 0 日
Date of Application:



出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 4 2 2 6 9
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 0 4 2 2 6 9]

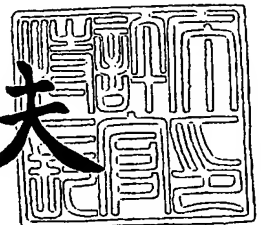
出 願 人 コニカミノルタホールディングス株式会社
Applicant(s):

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 3 年 1 1 月 1 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願
【整理番号】 DTM01013
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G03B 27/58
F16C 13/00
【発明者】
【住所又は居所】 東京都八王子市石川町2970番地 コニカ株式会社内
【氏名】 木村 徹
【特許出願人】
【識別番号】 000001270
【氏名又は名称】 コニカ株式会社
【代理人】
【識別番号】 100107272
【弁理士】
【氏名又は名称】 田村 敬二郎
【選任した代理人】
【識別番号】 100109140
【弁理士】
【氏名又は名称】 小林 研一
【先の出願に基づく優先権主張】
【出願番号】 特願2002-248207
【出願日】 平成14年 8月28日
【先の出願に基づく優先権主張】
【出願番号】 特願2002-379657
【出願日】 平成14年12月27日
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 052526
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0101340

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光ピックアップ装置用の対物レンズ、光ピックアップ装置及び
光情報記録再生装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光させるための対物レンズを含む集光光学系とを有し、前記集光光学系が、前記光源からの光束を、光情報記録媒体の情報記録面に集光させることによって、情報の記録及び／又は再生を行うことが可能な光ピックアップ装置に用いる対物レンズにおいて、

前記対物レンズは、プラスチック単レンズであって、前記光情報記録媒体に対して情報を記録及び／または再生するのに必要な前記対物レンズの像側開口数をNA、前記対物レンズの焦点距離をf (mm) としたとき、次式を満たすことを特徴とする光ピックアップ装置用の対物レンズ。

$$NA \geq 0.8 \quad (1)$$

$$1.0 > f > 0.2 \quad (2)$$

【請求項2】 第1の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに、その設計基準波長である波長 λ_0 (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差のRMS値を $W(\lambda_0, T_0)$ とし、第2の雰囲気温度 $T_1 = 55^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに波長 λ_0 (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差のRMS値を $W(\lambda_0, T_1)$ としたとき、

$$\Delta W = |W(\lambda_0, T_1) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (3)$$

で定義される ΔW が次式を満たすことを特徴とする請求項1に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

$$\Delta W < 0.035 \lambda_{rms} \quad (4)$$

【請求項3】 前記対物レンズの設計基準波長 λ_0 は500nm以下であって、第1の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに波長 λ_0 (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズのバックフォーカスを $f_B(\lambda_0, T_0)$ とし、第1の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前

記対物レンズに前記波長 λ_0 よりも5nm長い波長 λ_1 (nm)の光を入射させた際の前記対物レンズのバックフォーカスを $f_B(\lambda_1, T_0)$ としたとき、

$$\Delta f_B = |f_B(\lambda_1, T_0) - f_B(\lambda_0, T_0)| \quad (5)$$

で定義される Δf_B が次式を満たすことを特徴とする請求項1または2に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

$$\Delta f_B < 0.001 \text{ mm} \quad (6)$$

【請求項4】 前記対物レンズは、前記光源から出射された発散光束を前記情報記録面上に集光する有限共役型の対物レンズであって、次式を満たすことを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

$$0.8 > f > 0.2 \quad (6A)$$

【請求項5】 前記対物レンズの結像倍率を m としたとき、次式を満たすことを特徴とする請求項4に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

$$0.2 > |m| > 0.02 \quad (6B)$$

【請求項6】 光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光させるための対物レンズを含む集光光学系とを有し、前記集光光学系が、前記光源からの光束を、光情報記録媒体の情報記録面に集光させることによって、情報の記録及び／又は再生を行うことが可能な光ピックアップ装置に用いる対物レンズにおいて、

前記対物レンズは、複数の輪帯から構成され、かつ、隣り合う輪帯同士が、入射光に対して所定の光路差を生じるように形成された輪帯構造を、少なくとも1つの光学面上に有するプラスチック単レンズであって、

前記光情報記録媒体に対して情報を記録及び／または再生するのに必要な前記対物レンズの像側開口数を NA 、前記対物レンズの焦点距離を f (mm)としたとき、次式を満たすことを特徴とする光ピックアップ装置用の対物レンズ。

$$NA \geq 0.8 \quad (7)$$

$$1.3 > f > 0.2 \quad (8)$$

【請求項7】 前記輪帯構造は、所定の入射光を回折させる機能を有する回折構造であって、前記対物レンズは、回折作用と屈折作用とを合わせた作用によ

り前記情報記録面に集光する集光波面を形成することを特徴とする請求項6に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

【請求項8】 前記対物レンズは、入射光の波長が長波長側に变化した際に、球面収差が補正不足となる方向に変化するような球面収差特性を有することを特徴とする請求項7に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

【請求項9】 前記回折構造を透過する波面に付加される光路差 Φ_b を、光軸からの高さ h (mm) の関数として、

$$\Phi_b = b_2 \cdot h^2 + b_4 \cdot h^4 + b_6 \cdot h^6 + \dots$$

により定義される光路差関数 Φ_b で表わすとき (ただし、 b_2 、 b_4 、 b_6 、…はそれぞれ2次、4次、6次、…の光路差関数係数である)、次式を満たすことを特徴とする請求項7または8に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

$$-70 < (b_4 \cdot h_{MAX}^4) / (f \cdot \lambda_0 \cdot 10^{-6} \cdot (NA \cdot (1-m))) < -20 \quad (8A)$$

ただし、 λ_0 (nm) は前記対物レンズの設計基準波長であり、 h_{MAX} は前記回折構造が形成された光学面の有効径最大高さ (mm) であり、 m は前記対物レンズの結像倍率である。

【請求項10】 前記輪帯構造は、隣り合う輪帯同士が、互いに光軸方向に変位して形成されることで、入射光に対して前記所定の光路差を生じ、前記対物レンズは、屈折作用により前記情報記録面に集光する集光波面を形成することを特徴とする請求項6に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

【請求項11】 前記対物レンズは、光軸に近い側に隣接する輪帯よりも内側に変位して形成された輪帯と、光軸に近い側に隣接する輪帯よりも外側に変位して形成された輪帯と、を少なくとも1つずつ有し、かつ、前記光軸に近い側に隣接する輪帯よりも内側に変位して形成された輪帯は、前記光軸に近い側に隣接する輪帯よりも外側に変位して形成された輪帯よりも、光軸に近い側に形成されたことを特徴とする請求項9に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

【請求項12】 前記輪帯の総数が3以上20以下であることを特徴とする請求項10または11に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

【請求項 13】 前記輪帯構造が形成された光学面の有効径最大高さの 75 %の高さから 100 %の高さの領域に形成された輪帯構造において、互いに隣接する輪帯同士の境界における光軸方向の段差のうち、任意の段差の段差量を Δ_j (μm) とし、前記対物レンズの設計基準波長 λ_0 (nm) における屈折率を n としたとき、

$$m_j = \text{INT}(X) \quad (8B)$$

(ただし、 $X = \Delta_j \cdot (n-1) / (\lambda_0 \cdot 10^{-3})$ であり、 $\text{INT}(X)$ は X を四捨五入して得られる整数である。)

で表される m_j が 2 以上の整数であることを特徴とする請求項 10 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

【請求項 14】 第 1 の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズにその設計基準波長である波長 λ_0 (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差の RMS 値を $W(\lambda_0, T_0)$ とし、第 1 の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに前記波長 λ_0 よりも 5 nm 長い波長 λ_1 (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差の RMS 値を $W(\lambda_1, T_0)$ とし、第 2 の雰囲気温度 $T_1 = 55^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに波長 λ_2 (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差の RMS 値を $W(\lambda_2, T_1)$ としたとき、

$$\Delta W1 = |W(\lambda_2, T_1) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (9)$$

$$\Delta W2 = |W(\lambda_1, T_0) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (10)$$

で定義される $\Delta W1$ 及び $\Delta W2$ が次式を満たすことを特徴とする請求項 6 乃至 13 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

$$\Delta W1 < 0.035 \lambda_{rms} \quad (11)$$

$$\Delta W2 < 0.035 \lambda_{rms} \quad (12)$$

ただし、

$\lambda_0 < 600 \text{ nm}$ のとき、 $\lambda_2 = \lambda_0 + 1.5 \text{ (nm)}$ であり、

$\lambda_0 \geq 600 \text{ nm}$ のとき、 $\lambda_2 = \lambda_0 + 6 \text{ (nm)}$ である。

【請求項 15】 次式を満たすことを特徴とする請求項 14 に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

$$\sqrt{(\Delta W1)^2 + (\Delta W2)^2} < 0.05 \lambda_{rms} \quad (13)$$

【請求項16】 前記対物レンズは、前記光源から出射された発散光束を前記情報記録面上に集光する有限共役型の対物レンズであって、次式を満たすことを特徴とする請求項6乃至15のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

$$1.1 > f > 0.2 \quad (13A)$$

【請求項17】 前記対物レンズの結像倍率を m としたとき、次式を満たすことを特徴とする請求項16に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

$$0.2 > |m| > 0.02 \quad (13B)$$

【請求項18】 前記対物レンズの光軸上のレンズ厚さを d (mm)、焦点距離を f (mm)としたとき、次式を満たすことを特徴とする請求項1乃至17のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

$$0.8 < d/f < 1.8 \quad (14)$$

【請求項19】 前記対物レンズの設計基準波長 λ_0 (nm)が、次式を満たすことを特徴とする請求項1乃至18のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

$$500 \geq \lambda_0 \geq 350 \quad (15)$$

【請求項20】 次式を満たすことを特徴とする請求項1乃至19のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

$$0.40 \leq (X1 - X2) \cdot (N-1) / (NA \cdot f \cdot \sqrt{1 + |m|}) \leq 0.63 \quad (16)$$

ただし、

$X1$: 光軸に垂直で光源側の光学面の頂点に接する平面と、有効径最周辺（上記 NA のマージナル光線が入射する光源側の面上の位置）における光源側の光学面との光軸方向の距離 (mm) であり、上記接平面を基準として光情報記録媒体の方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする

$X2$: 光軸に垂直で光情報記録媒体側の光学面の頂点に接する平面と、有効径最周辺（上記 NA のマージナル光線が入射する光情報記録媒体側の光学面上の位置）における光情報記録媒体側の面との光軸方向の距離 (mm) であり、上記接平

面を基準として光情報記録媒体の方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする

N: 前記設計基準波長 λ_0 における前記対物レンズの屈折率

f: 前記対物レンズの焦点距離 (mm)

m: 前記対物レンズの結像倍率

【請求項 2 1】 光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光させるための対物レンズを含む集光光学系とを有し、前記集光光学系が、前記光源からの光束を、光情報記録媒体の情報記録面に集光させることによって、情報の記録及び／又は再生を行うことが可能な光ピックアップ装置において、

前記対物レンズは、プラスチック単レンズであって、前記光情報記録媒体に対して情報を記録及び／または再生するのに必要な前記対物レンズの像側開口数を NA、前記対物レンズの焦点距離を f (mm) としたとき、次式を満たすことを特徴とする光ピックアップ装置。

$$NA \geq 0.8 \quad (1)$$

$$1.0 > f > 0.2 \quad (2)$$

【請求項 2 2】 第 1 の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに、その設計基準波長である波長 λ_0 (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差の RMS 値を $W(\lambda_0, T_0)$ とし、第 2 の雰囲気温度 $T_1 = 55^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに波長 λ_0 (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差の RMS 値を $W(\lambda_0, T_1)$ としたとき、

$$\Delta W = |W(\lambda_0, T_1) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (3)$$

で定義される ΔW が次式を満たすことを特徴とする請求項 2 1 に記載の光ピックアップ装置。

$$\Delta W < 0.035 \lambda_{rms} \quad (4)$$

【請求項 2 3】 前記対物レンズの設計基準波長 λ_0 は 500 nm 以下であって、第 1 の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに波長 λ_0 (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズのバックフォーカスを f

B (λ_0 , T_0) とし、第1の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに前記波長 λ_0 よりも 5 nm 長い波長 λ_1 (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズのバックフォーカスを $f_B(\lambda_1, T_0)$ としたとき、

$$\Delta f_B = |f_B(\lambda_1, T_0) - f_B(\lambda_0, T_0)| \quad (5)$$

で定義される Δf_B が次式を満たすことを特徴とする請求項 21 または 22 に記載の光ピックアップ装置。

$$\Delta f_B < 0.001 \text{ mm} \quad (6)$$

【請求項 24】 前記対物レンズは、前記光源から出射された発散光束を前記情報記録面上に集光する有限共役型の対物レンズであって、次式を満たすことを特徴とする請求項 21 乃至 23 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

$$0.8 > f > 0.2 \quad (6A)$$

【請求項 25】 前記対物レンズの結像倍率を m としたとき、次式を満たすことを特徴とする請求項 24 に記載の光ピックアップ装置。

$$0.2 > |m| > 0.02 \quad (6B)$$

【請求項 26】 前記対物レンズと前記光源がアクチュエータにより一体となって少なくともトラッキング駆動されることを特徴とする請求項 24 または 25 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 27】 光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光させるための対物レンズを含む集光光学系とを有し、前記集光光学系が、前記光源からの光束を、光情報記録媒体の情報記録面に集光させることによって、情報の記録及び／又は再生を行うことが可能な光ピックアップ装置において、

前記対物レンズは、複数の輪帯から構成され、かつ、隣り合う輪帯同士が、入射光に対して所定の光路差を生じるように形成された輪帯構造を、少なくとも 1 つの光学面上に有するプラスチック単レンズであって、

前記光情報記録媒体に対して情報を記録及び／または再生するのに必要な前記対物レンズの像側開口数を NA、前記対物レンズの焦点距離を f (mm) としたとき、次式を満たすことを特徴とする光ピックアップ装置。

$$NA \geq 0.8 \quad (7)$$

1. $3 > f > 0$. 2

(8)

【請求項 28】 前記輪帯構造は、所定の入射光を回折させる機能を有する回折構造であって、前記対物レンズは、回折作用と屈折作用とを合わせた作用により前記情報記録面に集光する集光波面を形成することを特徴とする請求項 27 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 29】 前記対物レンズは、入射光の波長が長波長側に変化した際に、球面収差が補正不足となる方向に変化するような球面収差特性を有することを特徴とする請求項 28 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 30】 前記回折構造を透過する波面に付加される光路差 Φ_b を、光軸からの高さ h (mm) の関数として、

$$\Phi_b = b_2 \cdot h^2 + b_4 \cdot h^4 + b_6 \cdot h^6 + \dots$$

により定義される光路差関数 Φ_b で表わすとき (ただし、 b_2 、 b_4 、 b_6 、…はそれぞれ 2 次、4 次、6 次、…の光路差関数係数である)、次式を満たすことを特徴とする請求項 28 または 29 に記載の光ピックアップ装置。

$$-70 < (b_4 \cdot h_{MAX}^4) / (f \cdot \lambda_0 \cdot 10^{-6} \cdot (NA \cdot (1 - m))) < -20 \quad (8A)$$

ただし、 λ_0 (nm) は前記対物レンズの設計基準波長であり、 h_{MAX} は前記回折構造が形成された光学面の有効径最大高さ (mm) であり、 m は前記対物レンズの結像倍率である。

【請求項 31】 前記輪帯構造は、隣り合う輪帯同士が、互いに光軸方向に変位して形成されることで、入射光に対して前記所定の光路差を生じ、前記対物レンズは、屈折作用により前記情報記録面に集光する集光波面を形成することを特徴とする請求項 27 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 32】 前記対物レンズは、光軸に近い側に隣接する輪帯よりも内側に変位して形成された輪帯と、光軸に近い側に隣接する輪帯よりも外側に変位して形成された輪帯と、を少なくとも 1 つずつ有し、かつ、前記光軸に近い側に隣接する輪帯よりも内側に変位して形成された輪帯は、前記光軸に近い側に隣接する輪帯よりも外側に変位して形成された輪帯よりも、光軸に近い側に形成されたことを特徴とする請求項 31 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項33】 前記輪帯の総数が3以上20以下であることを特徴とする請求項31または32に記載の光ピックアップ装置。

【請求項34】 前記輪帯構造が形成された光学面の有効径最大高さの75%の高さから100%の高さの領域に形成された輪帯構造において、互いに隣接する輪帯同士の境界における光軸方向の段差のうち、任意の段差の段差量を Δj (μm) とし、前記対物レンズの設計基準波長 λ_0 (nm) における屈折率を n としたとき、

$$m_j = \text{INT}(X) \quad (8B)$$

(ただし、 $X = \Delta j \cdot (n-1) / (\lambda_0 \cdot 10^{-3})$ であり、 $\text{INT}(X)$ は X を四捨五入して得られる整数である。)

で表される m_j が2以上の整数であることを特徴とする請求項31乃至33のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項35】 第1の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズにその設計基準波長である波長 λ_0 (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差のRMS値を $W(\lambda_0, T_0)$ とし、第1の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに前記波長 λ_0 よりも5nm長い波長 λ_1 (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差のRMS値を $W(\lambda_1, T_0)$ とし、第2の雰囲気温度 $T_1 = 55^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに波長 λ_2 (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差のRMS値を $W(\lambda_2, T_1)$ としたとき、

$$\Delta W1 = |W(\lambda_2, T_1) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (9)$$

$$\Delta W2 = |W(\lambda_1, T_0) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (10)$$

で定義される $\Delta W1$ 及び $\Delta W2$ が次式を満たすことを特徴とする請求項27乃至34のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$\Delta W1 < 0.035 \lambda_{\text{rms}} \quad (11)$$

$$\Delta W2 < 0.035 \lambda_{\text{rms}} \quad (12)$$

ただし、

$\lambda_0 < 600\text{nm}$ のとき、 $\lambda_2 = \lambda_0 + 1.5\text{ (nm)}$ であり、

$\lambda_0 \geq 600\text{nm}$ のとき、 $\lambda_2 = \lambda_0 + 6\text{ (nm)}$ である。

【請求項36】 次式を満たすことを特徴とする請求項35に記載の光ピックアップ装置。

$$\sqrt{(\Delta W1)^2 + (\Delta W2)^2} < 0.05 \lambda_{rms} \quad (13)$$

【請求項37】 前記対物レンズは、前記光源から出射された発散光束を前記情報記録面上に集光する有限共役型の対物レンズであって、次式を満たすことを特徴とする請求項27乃至36のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$1.1 > f > 0.2 \quad (13A)$$

【請求項38】 前記対物レンズの結像倍率を m としたとき、次式を満たすことを特徴とする請求項37に記載の光ピックアップ装置。

$$0.2 > |m| > 0.02 \quad (13B)$$

【請求項39】 前記対物レンズと前記光源がアクチュエーター一体となって少なくともトラッキング駆動されることを特徴とする請求項37または38に記載の光ピックアップ装置。

【請求項40】 前記対物レンズの光軸上のレンズ厚さを d (mm)、焦点距離を f (mm)としたとき、次式を満たすことを特徴とする請求項21乃至39のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$0.8 < d/f < 1.8 \quad (14)$$

【請求項41】 前記対物レンズの設計基準波長 λ_0 (nm)が、次式を満たすことを特徴とする請求項21乃至40のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$500 \geq \lambda_0 \geq 350 \quad (15)$$

【請求項42】 次式を満たすことを特徴とする請求項21乃至41のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$0.40 \leq (X1 - X2) \cdot (N - 1) / (NA \cdot f \cdot \sqrt{1 + |m|}) \leq 0.63 \quad (16)$$

ただし、

$X1$: 光軸に垂直で光源側の光学面の頂点に接する平面と、有効径最周辺(上記 NA のマージナル光線が入射する光源側の面上の位置)における光源側の光学面との光軸方向の距離(mm)であり、上記接平面を基準として光情報記録媒体の

方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする

X2: 光軸に垂直で光情報記録媒体側の光学面の頂点に接する平面と、有効径最周辺(上記NAのマージナル光線が入射する光情報記録媒体側の光学面上の位置)における光情報記録媒体側の面との光軸方向の距離(mm)であり、上記接平面を基準として光情報記録媒体の方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする

N: 前記設計基準波長 λ_0 における前記対物レンズの屈折率

f: 前記対物レンズの焦点距離(mm)

m: 前記対物レンズの結像倍率

【請求項43】 光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光させるための対物レンズを含む集光光学系とを有し、前記集光光学系が、前記光源からの光束を、光情報記録媒体の情報記録面に集光させることによって、情報の記録及び/又は再生を行うことが可能な光ピックアップ装置を有する光情報記録再生装置において、

前記対物レンズは、プラスチック単レンズであって、前記光情報記録媒体に対して情報を記録及び/または再生するのに必要な前記対物レンズの像側開口数をNA、前記対物レンズの焦点距離をf(mm)としたとき、次式を満たすことを特徴とする光情報記録再生装置。

$$NA \geq 0.8 \quad (1)$$

$$1.0 > f > 0.2 \quad (2)$$

【請求項44】 第1の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに、その設計基準波長である波長 λ_0 (nm)の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差のRMS値を $W(\lambda_0, T_0)$ とし、第2の雰囲気温度 $T_1 = 55^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに波長 λ_0 (nm)の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差のRMS値を $W(\lambda_0, T_1)$ としたとき、

$$\Delta W = |W(\lambda_0, T_1) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (3)$$

で定義される ΔW が次式を満たすことを特徴とする請求項43に記載の光情報記録再生装置。

$$\Delta W < 0.035 \lambda_{rms} \quad (4)$$

【請求項 45】 前記対物レンズの設計基準波長 λ_0 は 500 nm 以下であって、第 1 の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに波長 λ_0 (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズのバックフォーカスを $f_B(\lambda_0, T_0)$ とし、第 1 の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに前記波長 λ_0 よりも 5 nm 長い波長 λ_1 (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズのバックフォーカスを $f_B(\lambda_1, T_0)$ としたとき、

$$\Delta f_B = |f_B(\lambda_1, T_0) - f_B(\lambda_0, T_0)| \quad (5)$$

で定義される Δf_B が次式を満たすことを特徴とする請求項 43 または 44 に記載の光情報記録再生装置。

$$\Delta f_B < 0.001 \text{ mm} \quad (6)$$

【請求項 46】 前記対物レンズは、前記光源から出射された発散光束を前記情報記録面上に集光する有限共役型の対物レンズであって、次式を満たすことを特徴とする請求項 43 乃至 45 のいずれか 1 項に記載の光情報記録再生装置。

$$0.8 > f > 0.2 \quad (6A)$$

【請求項 47】 前記対物レンズの結像倍率を m としたとき、次式を満たすことを特徴とする請求項 46 に記載の光情報記録再生装置。

$$0.2 > |m| > 0.02 \quad (6B)$$

【請求項 48】 前記対物レンズと前記光源がアクチュエータにより一体になって少なくともトラッキング駆動されることを特徴とする請求項 46 または 47 に記載の光情報記録再生装置。

【請求項 49】 光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光させるための対物レンズを含む集光光学系とを有し、前記集光光学系が、前記光源からの光束を、光情報記録媒体の情報記録面に集光させることによって、情報の記録及び／又は再生を行うことが可能な光ピックアップ装置を有する光情報記録再生装置において、

前記対物レンズは、複数の輪帯から構成され、かつ、隣り合う輪帯同士が、入射光に対して所定の光路差を生じるように形成された輪帯構造を、少なくとも 1 つの光学面上に有するプラスチック単レンズであって、

前記光情報記録媒体に対して情報を記録及び／または再生するのに必要な前記対物レンズの像側開口数をNA、前記対物レンズの焦点距離をf (mm)としたとき、次式を満たすことを特徴とする光情報記録再生装置。

$$NA \geq 0.8 \quad (7)$$

$$1.3 > f > 0.2 \quad (8)$$

【請求項50】 前記輪帯構造は、所定の入射光を回折させる機能を有する回折構造であって、前記対物レンズは、回折作用と屈折作用とを合わせた作用により前記情報記録面に集光する集光波面を形成することを特徴とする請求項49に記載の光情報記録再生装置。

【請求項51】 前記対物レンズは、入射光の波長が長波長側に变化した際に、球面収差が補正不足となる方向に変化するような球面収差特性を有することを特徴とする請求項50に記載の光情報記録再生装置。

【請求項52】 前記回折構造を透過する波面に付加される光路差 Φ_b を、光軸からの高さh (mm)の関数として、

$$\Phi_b = b_2 \cdot h^2 + b_4 \cdot h^4 + b_6 \cdot h^6 + \dots$$

により定義される光路差関数 Φ_b で表わすとき（ただし、 b_2 、 b_4 、 b_6 、…はそれぞれ2次、4次、6次、…の光路差関数係数である）、次式を満たすことを特徴とする請求項50または51に記載の光情報記録再生装置。

$$-70 < (b_4 \cdot h_{MAX}^4) / (f \cdot \lambda_0 \cdot 10^{-6} \cdot (NA \cdot (1 - m)) ^ 4) < -20 \quad (8A)$$

ただし、 λ_0 (nm)は前記対物レンズの設計基準波長であり、 h_{MAX} は前記回折構造が形成された光学面の有効径最大高さ (mm)であり、mは前記対物レンズの結像倍率である。

【請求項53】 前記輪帯構造は、隣り合う輪帯同士が、互いに光軸方向に変位して形成されることで、入射光に対して前記所定の光路差を生じ、前記対物レンズは、屈折作用により前記情報記録面に集光する集光波面を形成することを特徴とする請求項49に記載の光情報記録再生装置。

【請求項54】 前記対物レンズは、光軸に近い側に隣接する輪帯よりも内側に変位して形成された輪帯と、光軸に近い側に隣接する輪帯よりも外側に変位

して形成された輪帯と、を少なくとも1つつ有し、かつ、前記光軸に近い側に隣接する輪帯よりも内側に変位して形成された輪帯は、前記光軸に近い側に隣接する輪帯よりも外側に変位して形成された輪帯よりも、光軸に近い側に形成されたことを特徴とする請求項53に記載の光情報記録再生装置。

【請求項55】 前記輪帯の総数が3以上20以下であることを特徴とする請求項53または54に記載の光情報記録再生装置。

【請求項56】 前記輪帯構造が形成された光学面の有効径最大高さの75%の高さから100%の高さの領域に形成された輪帯構造において、互いに隣接する輪帯同士の境界における光軸方向の段差のうち、任意の段差の段差量を Δ_j (μm) とし、前記対物レンズの設計基準波長 λ_0 (nm) における屈折率を n としたとき、

$$m_j = \text{INT}(X) \quad (8B)$$

(ただし、 $X = \Delta_j \cdot (n-1) / (\lambda_0 \cdot 10^{-3})$ であり、 $\text{INT}(X)$ は X を四捨五入して得られる整数である。)

で表される m_j が2以上の整数であることを特徴とする請求項53乃至55のいずれか1項に記載の光情報記録再生装置。

【請求項57】 第1の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズにその設計基準波長である波長 λ_0 (nm) の光を入射させた際の、前記対物レンズの残留収差のRMS値を $W(\lambda_0, T_0)$ とし、第1の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに前記波長 λ_0 よりも5nm長い波長 λ_1 (nm) の光を入射させた際の、前記対物レンズの残留収差のRMS値を $W(\lambda_1, T_0)$ とし、第2の雰囲気温度 $T_1 = 55^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに波長 λ_2 (nm) の光を入射させた際の、前記対物レンズの残留収差のRMS値を $W(\lambda_2, T_1)$ としたとき、

$$\Delta W1 = |W(\lambda_2, T_1) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (9)$$

$$\Delta W2 = |W(\lambda_1, T_0) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (10)$$

で定義される $\Delta W1$ 及び $\Delta W2$ が次式を満たすことを特徴とする請求項49乃至56のいずれか1項に記載の光情報記録再生装置。

$$\Delta W1 < 0.035 \lambda_{rms} \quad (11)$$

$$\Delta W2 < 0.035 \lambda_{rms} \quad (12)$$

ただし、

$\lambda_0 < 600 \text{ nm}$ のとき、 $\lambda_2 = \lambda_0 + 1.5 \text{ (nm)}$ であり、

$\lambda_0 \geq 600 \text{ nm}$ のとき、 $\lambda_2 = \lambda_0 + 6 \text{ (nm)}$ である。

【請求項 58】 次式を満たすことを特徴とする請求項 57 に記載の光情報記録再生装置。

$$\sqrt{(\Delta W1)^2 + (\Delta W2)^2} < 0.05 \lambda_{rms} \quad (13)$$

【請求項 59】 前記対物レンズは、前記光源から出射された発散光束を前記情報記録面上に集光する有限共役型の対物レンズであって、次式を満たすことを特徴とする請求項 49 乃至 58 のいずれか 1 項に記載の光情報記録再生装置。

$$1.1 > f > 0.2 \quad (13A)$$

【請求項 60】 前記対物レンズの結像倍率を m としたとき、次式を満たすことを特徴とする請求項 59 に記載の光情報記録再生装置。

$$0.2 > |m| > 0.02 \quad (13B)$$

【請求項 61】 前記対物レンズと前記光源がアクチュエーター一体となって少なくともトラッキング駆動されることを特徴とする請求項 59 または 60 に記載の光情報記録再生装置。

【請求項 62】 前記対物レンズの光軸上のレンズ厚さを $d \text{ (mm)}$ 、焦点距離を $f \text{ (mm)}$ としたとき、次式を満たすことを特徴とする請求項 43 乃至 61 のいずれか 1 項に記載の光情報記録再生装置。

$$0.8 < d/f < 1.8 \quad (14)$$

【請求項 63】 前記対物レンズの設計基準波長 $\lambda_0 \text{ (nm)}$ が、次式を満たすことを特徴とする請求項 43 乃至 62 のいずれか 1 項に記載の光情報記録再生装置。

$$500 \geq \lambda_0 \geq 350 \quad (15)$$

【請求項 64】 次式を満たすことを特徴とする請求項 43 乃至 63 のいずれか 1 項に記載の光情報記録再生装置。

$$0.40 \leq (X1 - X2) \cdot (N - 1) / (NA \cdot f \cdot \sqrt{1 + |m|}) \leq 0.63 \quad (16)$$

ただし、

X1: 光軸に垂直で光源側の光学面の頂点に接する平面と、有効径最周辺（上記NAのマージナル光線が入射する光源側の面上の位置）における光源側の光学面との光軸方向の距離（mm）であり、上記接平面を基準として光情報記録媒体の方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする

X2: 光軸に垂直で光情報記録媒体側の光学面の頂点に接する平面と、有効径最周辺（上記NAのマージナル光線が入射する光情報記録媒体側の光学面上の位置）における光情報記録媒体側の面との光軸方向の距離（mm）であり、上記接平面を基準として光情報記録媒体の方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする

N: 前記設計基準波長 λ_0 における前記対物レンズの屈折率

f: 前記対物レンズの焦点距離（mm）

m: 前記対物レンズの結像倍率

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光ピックアップ装置、光情報記録再生装置及びそれらに用いる対物レンズに関し、特に、高密度な光情報記録又は再生が可能な光ピックアップ装置、光情報記録再生装置及びそれらに用いる対物レンズに関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、CD、MO、DVDなどの光情報記録媒体の記録又は再生用の光ピックアップ装置又は光情報記録再生装置に用いられる対物レンズには、一般的にはプラスチック製の単レンズが用いられている。

【0003】

プラスチックレンズは、ガラスレンズに比べて比重が小さいため、フォーカシングやトラッキングのために対物レンズを駆動するアクチュエータの負担を軽減でき、又、その際における対物レンズの追従を高速的に行うことができるという利点がある。

【0004】

また、プラスチック材料を金型で射出成形して製造されるプラスチックレンズは、所望の金型を精度よく作製することで、高精度に大量生産することが可能であり、それによりレンズの高性能を安定して発揮できるにもかかわらず、低コスト化を図ることが可能となる。

【0005】

ところで、近年、波長400nm程度の青紫色半導体レーザ光源と、開口数(NA)が0.85程度まで高められた対物レンズを用いた新しい高密度光ディスクシステムの研究・開発が進んでいる。一例として、NA0.85、光源波長405nmの仕様で情報記録/再生を行う光ディスク(以下、本明細書ではかかる光ディスクを「高密度DVD」と呼ぶ)では、DVD(NA0.6、光源波長650nm、記憶容量4、7GB)と同じ大きさである直径12cmの光ディスクに対して、1面あたり20～30GBの情報の記録が可能である。

【0006】

ここで、かかる高密度DVD用の光ピックアップ装置において、高NAの対物レンズをプラスチックレンズとした場合、温度変化に伴う屈折率変化により発生する球面収差(以下、本明細書ではかかる球面収差を「温度収差」と呼ぶ)が問題となる。かかる問題は、温度変化に伴う屈折率変化において、プラスチックレンズがガラスレンズに比べて2桁程度大きいことに起因して発生する。この温度収差は、NAの4乗に比例するので、高密度DVDに用いられるNA0.85の対物レンズをプラスチックレンズとした場合には、使用可能な温度範囲が非常に狭くなってしまうので、実使用上問題となる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

かかるプラスチック単レンズの温度収差を、その光学面上に形成した輪帯構造の回折作用を利用して補正する技術が特開平11-337818号公報に記載されている。

【0008】

しかるに、この技術によりNA0.85のプラスチックレンズの温度収差を補

正するためには、波長が変化した際の球面収差カーブの倒れ（以下、本明細書ではかかる球面収差カーブの倒れを「色の球面収差」と呼ぶ）を大きく設定する必要がある。このため、製造誤差により発振波長が基準となる波長からずれた半導体レーザを用いることができず、半導体レーザの選別が必要になって高コストを招く。

【0009】

以下に、数値による具体例を示す。表1にレンズデータを示す対物レンズは、入射光束径3mm、焦点距離2.5mm、NA0.6、設計基準波長650nm、設計基準温度25℃のプラスチック単レンズであり、第1面（光源側の光学面）に形成した輪帯構造の回折作用により温度収差を補正している。一方、表2にレンズデータを示す対物レンズは、入射光束径3mm、焦点距離1.76mm、NA0.85、設計基準波長405nm、設計基準温度25℃のプラスチック単レンズであり、表1の対物レンズと同様に、第1面に形成した輪帯構造の回折作用により温度収差を補正している。尚、これ以降（表のレンズデータ含む）において、10のべき乗数（例えば、 2.5×10^{-3} ）を、E（例えば、 2.5×10^{-3} ）を用いて表すものとする。

【表1】

面番号	r(mm)	d(mm)	N650	νd	備考
0		∞			光源
1	1.6603	2.0500	1.54090	56.7	対物レンズ
2	-4.5237	1.0105			
3	∞	0.6000	1.57756	30.0	保護層
4	∞				

非球面係数

	第1面	第2面
κ	-6.8755E-01	-7.9005E+00
A4	3.0995E-03	4.3885E-02
A6	2.6042E-04	-3.2001E-02
A8	4.5653E-05	1.1954E-02
A10	-1.2223E-04	-1.9590E-03

回折面係数

	第1面
b2	-2.3969E-03
b4	-7.8946E-04

【表 2】

面番号	r (mm)	d (mm)	N405	νd	備考 光源
0		∞			
1	1.2099	2.4500	1.56013	56.7	対物レンズ
2	-1.5783	0.3771			
3	∞	0.1000	1.61950	30.0	保護層
4	∞				

非球面係数

	第1面	第2面
κ	-7.1214E-01	-4.3724E+01
A4	5.4718E-03	5.2395E-01
A6	5.1672E-03	-1.1813E+00
A8	1.5578E-03	1.2111E+00
A10	1.0499E-03	-5.0156E-01
A12	-7.7777E-04	6.2662E-04
A14	-1.4455E-05	
A16	1.7285E-04	
A18	-2.2142E-05	
A20	-1.2407E-05	

回折面係数

	第1面
b2	-7.6944E-03
b4	-8.9900E-03
b6	1.1465E-03
b8	2.2677E-04
b10	-3.3067E-04

【0010】

かかる対物レンズにおける非球面は、光軸方向をX軸、光軸に垂直な方向の高さをh、光学面の曲率半径をrとするとき次の数1で表わせる。但し、 κ を円すい係数、 A_{2i} を非球面係数とする。

【数1】

$$X = \frac{h^2/r}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa)h^2/r^2}} + \sum_{i=2} A_{2i} h^{2i}$$

【0011】

さらに、かかる対物レンズにおいて、光学面上に形成された回折構造としての輪帯構造は、この回折構造により透過波面に付加される光路差で表される。かか

る光路差は、光軸に垂直な方向の高さを h 、 b_{2i} を回折面係数（光路差関数係数ともいう）とするとき次の数 2 により定義される光路差関数 Φ_b (mm) で表される。

【数 2】

$$\Phi_b = \sum_{i=1} b_{2i} h^{2i}$$

【0012】

この光路差関数 Φ_b (mm) の値をもとに対物レンズの光学面上に回折構造を形成する場合、光路差関数 Φ_b (mm) の値が所定の波長 λ_B の n 倍（ただし、 n は自然数）変わる毎に輪帯を形成する。本明細書において、「回折構造が波長 λ_B 、回折次数 n で最適化されている」とは、このように回折構造が決定されていることを指し、波長 λ_B を最適化波長または、製造波長と呼ぶ。

【0013】

表 3 にこの 2 つの対物レンズの雰囲気温度が 30℃ 上昇した際の温度収差の RMS 値と、入射する波長が設計基準波長より 5 nm 長くなった際の色の球面収差の RMS 値を示す。

【表 3】

	温度収差 (+30℃)	色の球面収差 (+5nm)
NA0.6	0.010 λ rms	0.003 λ rms
NA0.85	0.014 λ rms	0.057 λ rms

【0014】

表 3 からわかるように、NA0.6 の対物レンズは、温度収差を 0.010 λ rms まで補正した場合でも、色の球面収差は 0.003 λ rms にとどまるので、5 nm 波長がずれた半導体レーザを使用することができる。これに対し、N

NA0.85の対物レンズでは、NA0.6の対物レンズと同程度に温度収差を0.014λrmsまで補正した場合、色の球面収差は0.057λrmsとなってしまうので、5nm波長がずれた半導体レーザを使用することができないということになる。光ピックアップ装置において光源として用いられる半導体レーザは、製造誤差によりその発振波長に±5nm程度のばらつきがあるが、従って、NA0.85の対物レンズの場合は、半導体レーザの選別が必要となり、光ピックアップ装置の製造コストが上昇する。

【0015】

なお、表1及び表2の対物レンズでは、温度上昇に伴う屈折率の変化率をともに -9.0×10^{-5} とし、温度上昇に伴う入射光の波長の変化率をそれぞれ+0.2nm/°C、+0.05nm/°Cとしている。

【0016】

また、表1のレンズデータにおいて、r(mm)は曲率半径、d(mm)は面間隔、N650は波長650nmにおける屈折率、 ν_d はd線におけるアッペ数を表し、表2のレンズデータにおいて、r(mm)は曲率半径、d(mm)は面間隔、N405は波長405nmにおける屈折率、 ν_d はd線におけるアッペ数を表す。

【0017】

更に、かかる高密度DVD用の光ピックアップ装置のように、400nm程度の短波長の光を発生する青紫色半導体レーザを光源として用いる場合には、対物レンズで発生する軸上色収差が問題となる。光ピックアップ装置において、半導体レーザから出射されるレーザ光は一般に単一波長（シングルモード）であるので、対物レンズの色収差は問題にはならないと思われているが、実際には、温度変化や出力変化等により中心波長が瞬時的に数nm変化するモードホッピングと呼ばれる現象を起こす。モードホッピングは、対物レンズのフォーカシング機構が追従できないような瞬時的に起こる波長変化なので、対物レンズの軸上色収差が補正されていないと、結像位置の移動量に対応したデフォーカス成分が付加され、対物レンズの集光性能が劣化するという問題が生じる。

【0018】

対物レンズに用いられる一般的なレンズ材料の分散は、赤外半導体レーザや赤色半導体レーザの波長領域である600nm乃至800nmにおいては、それほど大きくないので、CDやDVDでは、モードホッピングによる対物レンズの集光性能の劣化は問題にはならなかった。

【0019】

ところが、青紫色半導体レーザの波長領域である400nm近傍では、レンズ材料の分散は非常に大きくなるので、わずか数nmの波長変化でも、対物レンズの結像位置は大きくずれる。そのため、高密渡DVDでは、半導体レーザ光源がモードホッピングを起こした場合、対物レンズの集光性能が大きく劣化し、安定した記録や再生が行えない恐れがある。

【0020】

本発明は、上述のような事情に鑑みてなされたものであり、高NAの対物レンズを使用する光ピックアップ装置の対物レンズとして適用可能なプラスチック単レンズであって、利用可能な温度範囲が十分に広く、かつ、光源のモードホッピングによる集光性能の劣化の小さいプラスチック単レンズを提供することを目的とする。

【0021】

本発明は、さらに、高NAの対物レンズを使用する光ピックアップ装置の対物レンズとして適用可能なプラスチック単レンズであって、利用可能な温度範囲を広げるために温度収差を補正した場合でも、色の球面収差が大きくなりすぎることなく、光ピックアップ装置の製造工程において、半導体レーザ光源の選別を不要とすることができるプラスチック単レンズを提供することを目的とする。

【0022】

更に本発明は、これらのプラスチック単レンズを対物レンズとして搭載した光ピックアップ装置及び、この光ピックアップ装置を搭載した光情報記録再生装置を提供することを目的とする。

【0023】

【課題を解決するための手段】

請求項1に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、光源と、前記光源か

ら出射された光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光させるための対物レンズを含む集光光学系とを有し、前記集光光学系が、前記光源からの光束を、光情報記録媒体の情報記録面に集光させることによって、情報の記録及び／又は再生を行うことが可能な光ピックアップ装置に用いる対物レンズにおいて、

前記対物レンズは、プラスチック単レンズであって、前記光情報記録媒体に対して情報を記録及び／または再生するのに必要な前記対物レンズの像側開口数を NA 、前記対物レンズの焦点距離を f (mm) としたとき、次式を満たすことを特徴とする。

$$NA \geq 0.8 \quad (1)$$

$$1.0 > f > 0.2 \quad (2)$$

【0024】

温度変化に伴う、プラスチック単レンズの屈折率変化による球面収差の変化量(温度収差)は、焦点距離と NA の4乗とに比例して大きくなる。従って、光情報記録媒体の高密度化のために NA を大きくした場合でも、それに応じて焦点距離を小さくすれば、温度収差を比較的小さく抑えることが可能となる。そこで、請求項1に記載の対物レンズは、焦点距離の上限を(2)式のように定めることで、 NA が(1)式を満たすような高 NA のプラスチック単レンズであっても、温度収差が大きくなりすぎないようにしている。更に、屈折型のプラスチック単レンズでは、温度収差を完全にゼロとするのは不可能であるが、焦点距離が(2)式の上限を越えないようにすることで、光ピックアップ装置における実使用上の温度範囲内の温度収差を許容範囲内に抑えることができる。

【0025】

一方、焦点距離を小さくすることは、温度収差の発生量を小さく抑えるという観点からは有利となるが、焦点距離が小さくなりすぎると、作動距離や像高特性という観点からは不利となる。高 NA 対物レンズの設計においては、作動距離の確保は光情報記録媒体との衝突を防ぐうえで非常に重要な問題であり、焦点距離が小さくなりすぎると、その分作動距離が失われるので好ましくない。また、相対的に焦点距離が大きい対物レンズと同じ像高を得ようとすると、相対的に焦点距離が小さい対物レンズへの入射角度が大きくなるので非点収差やコマ収差が劣

化する。従って、対物レンズの焦点距離を小さくするのは、像高特性の観点からも好ましくないといえる。そこで、請求項1に記載の対物レンズは、焦点距離の下限を(2)式のように定めることで、必要十分な作動距離と像高特性を確保した。

【0026】

請求項2に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、請求項1に記載の発明において、第1の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに、その設計基準波長である波長 λ_0 (nm)の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差のRMS値を $W(\lambda_0, T_0)$ とし、第2の雰囲気温度 $T_1 = 55^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに波長 λ_0 (nm)の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差のRMS値を $W(\lambda_0, T_1)$ としたとき

$$\Delta W = |W(\lambda_0, T_1) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (3)$$

で定義される ΔW が次式を満たすことを特徴とする。

$$\Delta W < 0.035 \lambda_{rms} \quad (4)$$

【0027】

プラスチック単レンズを光ピックアップ装置における実使用上の温度範囲内で使用可能とするためには、焦点距離を(2)式の上限を越えないようにして、結果として(4)式を満たすような温度特性を有するようにするのが好ましい。これにより光ピックアップ装置における実使用上の温度範囲内で、プラスチック単レンズを使用して、光情報記録媒体に対して良好に情報の記録/再生を行うことができる。

【0028】

請求項3に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、請求項1又は2に記載の発明において、前記対物レンズの設計基準波長 λ_0 は500nm以下であって、第1の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに波長 λ_0 (nm)の光を入射させた際の前記対物レンズのバックフォーカスを $f_B(\lambda_0, T_0)$ とし、第1の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに前記波長 λ_0 よりも5nm長い波長 λ_1 (nm)の光を入射させ

た際の前記対物レンズのバックフォーカスを $f_B(\lambda_1, T_0)$ としたとき、

$$\Delta f_B = |f_B(\lambda_1, T_0) - f_B(\lambda_0, T_0)| \quad (5)$$

で定義される Δf_B が次式を満たすことを特徴とする。

$$\Delta f_B < 0.001 \text{ mm} \quad (6)$$

【0029】

半導体レーザのモードホッピングによる軸上色収差は、焦点距離に比例して大きくなる。従って、前記光源として例えば青紫色半導体レーザを使用する場合でも、それに応じて焦点距離を小さくすれば、軸上色収差を比較的小さく抑えることが可能となる。屈折型の単レンズでは、色収差を完全にゼロとするのは不可能であるが、請求項3に記載の対物レンズのように、焦点距離を(2)式を満たすように設定して、光源として青紫色半導体レーザを使用する対物レンズにおいて、入射する波長が5 nm長くなった際のバックフォーカスの変化量を0.001 mmより小さくなるようにすれば((6)式)、青紫色半導体レーザのモードホッピングによる波長変化量に対して、デフォーカス成分を含んだ波面収差の変化量を $0.035 \lambda_{rms}$ より小さく抑えることができるので、再生状態から記録状態へと切り替える際にモードホッピングが起こっても集光性能が大きく劣化することはない。

【0030】

請求項4に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、請求項1乃至3のいずれかに記載の発明において、前記光源から出射された発散光束を前記情報記録面上に集光する有限共役型の対物レンズであって、次式を満たすことを特徴とする。

$$0.8 > f > 0.2 \quad (6A)$$

【0031】

請求項4に記載の対物レンズは、小型化が要求される光ピックアップ装置用の対物レンズとして好ましいものであり、例えば、携帯型光ディスクプレーヤーに搭載する光ピックアップ装置用の対物レンズとして使用することができる。無限型対物レンズと同じ明るさで、結像倍率 m である有限共役型の対物レンズを得るためには、無限型対物レンズの像側開口数の $(1-m)$ 倍の明るさのレンズを設

計する必要がある。対物レンズが光源から出射された発散光束を光情報記録媒体の情報記録面上に集光する有限共役型である場合には、 m の符号は負となり、実質的な像側開口数は無限型対物レンズの像側開口数よりも大きくなる。従って、かかる有限共役型の対物レンズをプラスチック単レンズとすると、温度収差は無限型の対物レンズに比べて大きくなる。そこで、請求項4に記載の対物レンズにおいては、焦点距離の上限を(2)式よりも更に小さくして、(6A)式のように定めることで、NAが(1)式を満たすような高NAの有限共役型のプラスチック単レンズであっても、温度収差を実使用上における許容範囲内に抑えることができる。また、発散光束を集光する有限共役型の対物レンズでは、同じ焦点距離の無限型の対物レンズに比べて作動距離は長くなる。従って、請求項4に記載の対物レンズのように、焦点距離の上限を(2)式よりも更に小さくした場合でも作動距離の確保という観点から不利となることはない。

【0032】

請求項5に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、請求項4に記載の発明において、前記対物レンズの結像倍率を m としたとき、次式を満たすことを特徴とする。

$$0.2 > |m| > 0.02 \quad (6B)$$

【0033】

結像倍率 m が上述の(6B)式の下限より大きいと、上述の(6A)式を満たすような短焦点距離の対物レンズであっても十分な作動距離を確保することができる。一方、結像倍率 m が(6B)式の上限より小さいと、実質的な像側開口数が大きくなりすぎないので、温度収差を実使用上における許容範囲内に抑えることが可能となる。

【0034】

請求項6に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光させるための対物レンズを含む集光光学系とを有し、前記集光光学系が、前記光源からの光束を、光情報記録媒体の情報記録面に集光させることによって、情報の記録及び／又は再生を行うことが可能な光ピックアップ装置に用いる対物レンズにおいて、前記対物レ

レンズは、複数の輪帯から構成され、かつ、隣り合う輪帯同士が、入射光に対して所定の光路差を生じるように形成された輪帯構造を、少なくとも1つの光学面上に有するプラスチック単レンズであって、前記光情報記録媒体に対して情報を記録及び／または再生するのに必要な前記対物レンズの像側開口数をNA、前記対物レンズの焦点距離をf (mm) としたとき、次式を満たすことを特徴とする。

$$NA \geq 0.8 \quad (7)$$

$$1.3 > f > 0.2 \quad (8)$$

【0035】

前記開口数NAが(7)式を満たすようなプラスチック対物レンズにおいては、利用可能な温度範囲を広げるために、温度変化に伴う屈折率変化により発生する球面収差(温度収差)を、その光学面上に形成した輪帯構造の作用により補正した場合、波長が変化した際の球面収差カーブの倒れ(色の球面収差)が大きくなりすぎてしまい、製造誤差により発振波長が基準となる波長からずれた半導体レーザを用いることができず、半導体レーザの選別が必要となる。

【0036】

しかるに、上述したように、プラスチック対物レンズの屈折率変化による球面収差の変化量は、焦点距離とNAの4乗とに比例して大きくなる。従って、光情報記録媒体の高密度化のためにNAが大きくなった場合でも、それに応じて焦点距離を小さくすれば、対物レンズの屈折率変化による球面収差を比較的小さく抑えることが可能となる。

【0037】

そこで、請求項6に記載の対物レンズでは、焦点距離の上限を(8)式のように定めることで、輪帯構造の作用による温度収差の補正量を小さく抑えたので、温度収差の補正後の色の球面収差が大きくなりすぎないようにできる。その結果、本発明による対物レンズを搭載する光ピックアップ装置においては、その製造工程において半導体レーザの選別が不要となるので製造コストを抑えることができる。一方、焦点距離を小さくすることは、上述したように、温度収差の補正量という観点からは有利となるが、焦点距離が小さくなりすぎると、作動距離や像高特性という観点からは不利となる。そこで本発明による対物レンズでは、焦点

距離の下限を(8)式のように定めることで、必要十分な作動距離と像高特性を確保したのである。

【0038】

なお、本明細書において、対物レンズとは、狭義には光ピックアップ装置に光記録媒体を装填した状態において、最も光情報記録媒体側の位置で、これと対向すべく配置される集光作用を有するレンズを指し、広義にはそのレンズとともに、アクチュエータによって少なくともその光軸方向に作動可能なレンズを指すものとする。従って、本明細書において、対物レンズの光情報記録媒体側(像側)の開口数とは、対物レンズの最も光情報記録媒体側に位置するレンズ面の開口数を指すものである。また、本明細書では、必要(な所定の)開口数は、それぞれの光情報記録媒体の規格で規定されている開口数、あるいは、それぞれの光情報記録媒体に対して、使用する光源の波長に応じ、情報の記録または再生をするために必要なスポット径を得ることができる、回折限界性能を有する対物レンズの開口数を指すものとする。

【0039】

また、本明細書において、情報の記録とは、上記のような光情報記録媒体の情報記録面上に情報を記録することをいう。また、本明細書において、情報の再生とは、上記のような光情報記録媒体の情報記録面上に記録された情報を再生することをいう。本発明による対物レンズは、記録だけあるいは再生だけを行うために用いられるものであってもよいし、記録および再生の両方を行うために用いられるものであってもよい。また、ある光情報記録媒体に対しては記録を行い、別の光情報記録媒体に対しては再生を行うために用いられるものであってもよいし、ある光情報記録媒体に対しては記録または再生を行い、別の光情報記録媒体に対しては記録および再生を行うために用いられるものであってもよい。なお、ここでいう再生とは、単に情報を読み取ることを含むものである。

【0040】

請求項7に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、請求項6に記載の発明において、前記輪帯構造は、所定の入射光を回折させる機能を有する回折構造であって、前記対物レンズは、回折作用と屈折作用とを合わせた作用により前記

情報記録面に集光する集光波面を形成すると、上述した作用を効果的に発揮できるので好ましい。

【0041】

請求項8に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、請求項7に記載の発明において、入射光の波長が長波長側に変化した際に、球面収差が補正不足となる方向に変化するような球面収差特性を有すると好ましい。

【0042】

通常、プラスチック単レンズは温度上昇により屈折率が小さくなるので、補正過剰方向に球面収差が変化する、一方、半導体レーザの発振波長は、一般的に温度上昇により長くなる方向に変化する傾向がある。したがって、回折構造の作用により上記のような球面収差特性を対物レンズに持たせることで、温度上昇に伴う屈折率変化により補正過剰となる球面収差の変化を、温度上昇による半導体レーザの発振波長の変化により補正不足となる球面収差の変化により打ち消すことができる。高NAのプラスチック単レンズであっても、本発明による対物レンズは焦点距離が(8)式を満足するので、回折構造の作用による温度収差の補正量が小さく、温度収差の補正後の色の球面収差が大きくなりすぎることはない。

【0043】

なお、本明細書において、回折構造が形成された光学面（回折面）とは、光学素子の表面、例えばレンズの表面に、レリーフを設けて、入射光束を回折させる作用を持たせる面のことをいい、同一の光学面に回折を生じる領域と生じない領域がある場合は、回折を生じる領域をいう。また、回折構造または回折パターンとは、この回折を生じる領域のことをいう。レリーフの形状としては、例えば、光学素子の表面に、光軸を中心として略同心円状の輪帯として形成され、光軸を含む平面でその断面をみれば、各輪帯は鋸歯状、あるいは階段状のような形状が知られているが、そのような形状を含むものである。

【0044】

更に、回折構造が形成された光学面（回折面）からは、0次回折光、±1次回折光、±2次回折光・・・、と無数の次数の回折光が生じるが、例えば、上記のような子午断面が鋸歯状となるレリーフを持つ回折面の場合は、特定の次数の回

折効率を他の次数の回折効率よりも高くしたり、場合によっては、特定の1つの次数（例えば、+1次回折光）の回折効率をほぼ100%とするように、このレリーフの形状を設定することができる。本発明において、「回折構造が波長 λ_B 、回折次数 n で最適化されている」とは、波長 λ_B の光が入射したときに、回折次数 n の回折光の回折効率が理論的に100%となるように、回折構造（レリーフ）の形状を設定することを指す。

【0045】

請求項9に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、請求項7又は8に記載の発明において、前記回折構造を透過する波面に付加される光路差 Φ_b を、光軸からの高さ h （mm）の関数として、

$$\Phi_b = b_2 \cdot h^2 + b_4 \cdot h^4 + b_6 \cdot h^6 + \dots$$

により定義される光路差関数 Φ_b で表わすとき（ただし、 b_2 、 b_4 、 b_6 、…はそれぞれ2次、4次、6次、…の光路差関数係数である）、次式を満たすことを特徴とする。

$$-70 < (b_4 \cdot h_{MAX}^4) / (f \cdot \lambda_0 \cdot 10^{-6} \cdot (NA \cdot (1-m))) < -20 \quad (8A)$$

ただし、 λ_0 （nm）は前記対物レンズの設計基準波長であり、 h_{MAX} は前記回折構造が形成された光学面の有効径最大高さ（mm）であり、 m は前記対物レンズの結像倍率である。

【0046】

本発明による光ピックアップ装置用の対物レンズは、4次の光路差関数係数 b_4 、回折構造が形成された光学面の有効径最大高さ h_{MAX} 、結像倍率 m 、焦点距離 f 、像側開口数 NA が、上述の（8A）式の条件を満たすように設計されるのが好ましい。この条件は、回折構造が形成されたプラスチックレンズにおいて、温度収差の補正と色の球面収差の発生量のバランスを良好にするための条件である。上式の下限を上回る場合には、温度収差の補正が過剰とならないので色の球面収差の発生量が大きくなりすぎることがなく、製造誤差により発振波長が基準となる波長から比較的ずれた半導体レーザでも用いることができ、半導体レーザの選別条件を緩和させてコスト減を図ることができる。一方、上式の上限を下

回る場合には、半導体レーザの波長変化で生じる球面収差により、高NAのプラスチックレンズの屈折率変化で生じる球面収差を打ち消すことができるので、高NAのプラスチックレンズの使用可能な温度範囲を広くとれる。

【0047】

請求項10に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、請求項6に記載の発明において、前記輪帯構造は、隣り合う輪帯同士が、互いに光軸方向に変位して形成されることで、入射光に対して前記所定の光路差を生じ、前記対物レンズは、屈折作用により前記情報記録面に集光する集光波面を形成すると、上述した作用を効果的に発揮できるので好ましい。

【0048】

請求項11に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、請求項10に記載の発明において、光軸に近い側に隣接する輪帯よりも内側に変位して形成された輪帯と、光軸に近い側に隣接する輪帯よりも外側に変位して形成された輪帯と、を少なくとも1つずつ有し、かつ、前記光軸に近い側に隣接する輪帯よりも内側に変位して形成された輪帯は、前記光軸に近い側に隣接する輪帯よりも外側に変位して形成された輪帯よりも、光軸に近い側に形成されていると、このように輪帯構造を構成することで温度収差を良好に補正することができるので好ましい。

【0049】

請求項12に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、請求項10又は11に記載の発明において、前記輪帯の総数が3以上20以下であることを特徴とする。

【0050】

請求項13に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、請求項10乃至12のいずれかに記載の発明において、前記輪帯構造が形成された光学面の有効径最大高さの75%の高さから100%の高さの領域に形成された輪帯構造において、互いに隣接する輪帯同士の境界における光軸方向の段差のうち、任意の段差の段差量を Δ_j (μm) とし、前記対物レンズの設計基準波長 λ_0 (nm) における屈折率を n としたとき、

$$m_j = \text{INT}(X) \quad (8B)$$

(ただし、 $X = \Delta_j \cdot (n-1) / (\lambda_0 \cdot 10^{-3})$ であり、 $\text{INT}(X)$ は X を四捨五入して得られる整数である。)

で表される m_j が 2 以上の整数であることを特徴とする。

【0051】

請求項 10 及び 11 に記載されている対物レンズにおいて、輪帯の総数を 3 以上 20 以下とし、さらに、輪帯構造が形成された光学面の有効径最大高さの 75 % の高さから 100 % の高さの領域に形成された輪帯構造において、互いに隣接する輪帯同士の境界における光軸方向の段差のうち、任意の段差の段差量を Δ_j (μm) とし、対物レンズの設計基準波長 λ_0 (nm) における屈折率を n としたとき、上述の (8B) 式で表される m_j が 2 以上の整数となるように輪帯構造を決定すると、輪帯の光軸に垂直な方向の幅を大きく確保できるので、対物レンズをモールド成形するための金型加工が容易になり、かつ金型加工に要する時間を短縮することが可能になる。

【0052】

ここで、輪帯構造が第 1 面 (光源側の光学面) に形成されている場合、「光軸近い側に隣接する輪帯よりも内側に変位して形成される」とは、「光軸近い側に隣接する輪帯よりも、第 2 面 (光情報記録媒体側の光学面) の方向に変位して形成される」ことを指し、「光軸近い側に隣接する輪帯よりも外側に変位して形成される」とは、「光軸近い側に隣接する輪帯よりも、第 2 面 (光情報記録媒体側の光学面) の方向とは反対の方向に変位して形成される」ことを指す。また、輪帯構造が第 2 面 (光情報記録媒体側の光学面) に形成されている場合、「光軸近い側に隣接する輪帯よりも内側に変位して形成される」とは、「光軸近い側に隣接する輪帯よりも、第 1 面 (光源側の光学面) の方向に変位して形成される」ことを指し、「光軸近い側に隣接する輪帯よりも外側に変位して形成される」とは、「光軸近い側に隣接する輪帯よりも、第 1 面 (光源側の光学面) の方向とは反対の方向に変位して形成される」ことを指す。

【0053】

請求項 14 に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、請求項 6 乃至 13 のいずれかに記載の発明において、第 1 の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下

において、前記対物レンズにその設計基準波長である波長 λ_0 (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差のRMS値を $W(\lambda_0, T_0)$ とし、第1の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに前記波長 λ_0 よりも5 nm長い波長 λ_1 (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差のRMS値を $W(\lambda_1, T_0)$ とし、第2の雰囲気温度 $T_1 = 55^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに波長 λ_2 (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差のRMS値を $W(\lambda_2, T_1)$ としたとき、

$$\Delta W1 = |W(\lambda_2, T_1) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (9)$$

$$\Delta W2 = |W(\lambda_1, T_0) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (10)$$

で定義される $\Delta W1$ 及び $\Delta W2$ が次式を満たすことを特徴とする。

$$\Delta W1 < 0.035 \lambda_{rms} \quad (11)$$

$$\Delta W2 < 0.035 \lambda_{rms} \quad (12)$$

ただし、

$\lambda_0 < 600 \text{ nm}$ のとき、 $\lambda_2 = \lambda_0 + 1.5 \text{ (nm)}$ であり、

$\lambda_0 \geq 600 \text{ nm}$ のとき、 $\lambda_2 = \lambda_0 + 6 \text{ (nm)}$ である。

【0054】

高NAのプラスチックレンズでは、光学面上に形成した輪帯構造の作用により温度収差を完全に補正すると、焦点距離が(8)式を満たす場合でも、色の球面収差が大きくなりすぎてしまい、発振波長が基準となる波長からずれた半導体レーザを用いることができなく恐れがあるので、レンズ設計においては、温度収差の補正と色の球面収差の発生量とのバランスをとる必要がある。ここで、(9)式は、温度が 30°C 上昇した場合の温度収差に対応した式であり、(10)式は、入射光の波長が5 nm変化した場合の色の球面収差に対応した式である。本発明による対物レンズは、温度収差、色の球面収差、及び、色の球面収差と温度収差との合成収差がそれぞれ(11)、(12)及び後述する(13)式を満たすのが好ましい。

【0055】

なお、請求項14の対物レンズに関し、 $\lambda_0 < 600 \text{ nm}$ のとき、 $\lambda_2 = \lambda_0 + 1.5 \text{ (nm)}$ という条件は、青紫色半導体レーザの温度上昇による発振波長

の変化 ($+0.05 \text{ nm}/^{\circ}\text{C}$) に対応し、 $\lambda_0 \geq 600 \text{ nm}$ のとき、 $\lambda_2 = \lambda_0 + 6 \text{ (nm)}$ という条件は、赤色半導体レーザの温度上昇による発振波長の変化 ($+0.2 \text{ nm}/^{\circ}\text{C}$) に対応している。

【0056】

又、本明細書において、対物レンズの設計基準波長とは、対物レンズに対して、同じ条件（結像倍率、温度、入射光束径等）で様々な波長の光を入射させた場合に、対物レンズの残留収差が最小になる波長のことをいう。更に、本明細書において、対物レンズの設計基準温度とは、対物レンズに対して、同じ条件（結像倍率、波長、入射光束径等）で様々な環境温度下において対物レンズの残留収差を測定した場合に、対物レンズの残留収差が最小になる温度のことをいう。

【0057】

請求項15に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、請求項14に記載の発明において、次式を満たすと好ましい。

$$\sqrt{(\Delta W1)^2 + (\Delta W2)^2} < 0.05 \lambda_{rms} \quad (13)$$

【0058】

請求項16に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、請求項6乃至15のいずれかに記載の発明において、前記対物レンズは、前記光源から出射された発散光束を前記情報記録面上に集光する有限共役型の対物レンズであって、次式を満たすことを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項4に記載の発明と同様である。

$$1.1 > f > 0.2 \quad (13A)$$

【0059】

請求項17に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、請求項16に記載の発明において、前記対物レンズの結像倍率を m としたとき、次式を満たすことを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項5に記載の発明と同様である。

$$0.2 > |m| > 0.02 \quad (13B)$$

【0060】

請求項18に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、請求項1乃至17のいずれかに記載の発明において、前記対物レンズの光軸上のレンズ厚さを d (

mm)、焦点距離を f (mm) としたとき、次式を満たすことを特徴とする。

$$0.8 < d/f < 1.8 \quad (14)$$

【0061】

(14) 式は、焦点距離が (2) 式、(6A) 式、(8) 式及び (13A) 式を満たすような小径の高 NA 対物レンズにおいて、良好な像高特性、十分な製造公差、及び十分な作動距離を確保するための条件であり、 d/f の値が (14) 式の下限より大きいと、像高特性を波面収差で評価したときの 3 次非点収差成分が大きくなりすぎず、5 次以上の高次コマ収差成分が大きくなりすぎないという利点がある。一方、その上限未満であると、像高特性を波面収差で評価したときの 3 次球面収差成分、5 次非点収差成分、3 次コマ収差成分、及び非点隔差が大きくなりすぎないという利点がある。さらに、光源側の光学面の歯車半径が小さくなりすぎないので、光学面同士の光軸ずれによるコマ収差の発生を抑制でき、十分な製造公差を確保できる。また、 d/f の値が (14) 式の下限より大きいと、縁厚が十分に確保され偏肉比が小さくなりすぎないので、射出成形による複屈折の発生を小さく抑えることができ、一方、 d/f の値が (14) 式の上限未満であると、レンズ厚さが大きくなりすぎないので、レンズを軽量とすることができ、より小型のアクチュエータでの駆動が可能になるとともに、作動距離を十分に確保することができる。

【0062】

請求項 19 に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、請求項 1 乃至 18 のいずれかに記載の発明において、前記対物レンズの設計基準波長 λ_0 (nm) が、次式を満たすと、例えば青紫色半導体レーザのように短波長の光源を備えた光ピックアップ装置に用いることができる。

$$500 \geq \lambda_0 \geq 350 \quad (15)$$

【0063】

請求項 20 に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、請求項 1 乃至 19 のいずれかに記載の発明において、次式を満たすことを特徴とする。

$$0.40 \leq (X1 - X2) \cdot (N - 1) / (NA \cdot f \cdot \sqrt{1 + |m|}) \leq 0.63 \quad (16)$$

ただし、

X1: 光軸に垂直で光源側の光学面の頂点に接する平面と、有効径最周辺（上記NAのマージナル光線が入射する光源側の面上の位置）における光源側の光学面との光軸方向の距離（mm）であり、上記接平面を基準として光情報記録媒体の方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする

X2: 光軸に垂直で光情報記録媒体側の光学面の頂点に接する平面と、有効径最周辺（上記NAのマージナル光線が入射する光情報記録媒体側の光学面上の位置）における光情報記録媒体側の面との光軸方向の距離（mm）であり、上記接平面を基準として光情報記録媒体の方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする

N: 前記設計基準波長 λ_0 における前記対物レンズの屈折率

f: 前記対物レンズの焦点距離（mm）

m: 前記対物レンズの結像倍率

【0064】

請求項20は、球面収差を良好に補正するための光源側の光学面と光情報記録媒体側の光学面のサグ量に関する条件式を規定するものである。上述のように定義されるX1が正でその絶対値が小さい程、又X2が負でその絶対値が小さい程マージナル光線の球面収差を補正過剰にする効果が大きくなり、X1が正でその絶対値が大きい程、X2が負でその絶対値が大きい程マージナル光線の球面収差を補正不足にする効果が大きくなるので、球面収差を補正するためには、 $(X1 - X2)$ はある範囲内にあることが必要である。以上より、(16)式を満たすのが好ましく、下限以上でマージナル光線の球面収差が補正過剰になり過ぎず、上限以下でマージナル光線の球面収差が補正不足になり過ぎない。特に、設計基準波長 λ_0 における結像倍率がゼロである無限型の対物レンズである場合には、次の(16')式を満たすのがより好ましく、

$$0.40 \leq (X1 - X2) \cdot (N - 1) / (NA \cdot f \cdot \sqrt{1 + |m|}) \leq 0.55 \quad (16')$$

更に、光源から出射された発散光束を情報記録面上に集光する有限共役型の対物レンズである場合には、次の(16'')式を満たすのがより好ましい。

$$0.48 \leq (X1 - X2) \cdot (N-1) / (NA \cdot f \cdot \sqrt{1 + |m|})$$

$$\leq 0.63 \quad (16'')$$

【0065】

請求項21に記載の光ピックアップ装置は、光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光させるための対物レンズを含む集光光学系とを有し、前記集光光学系が、前記光源からの光束を、光情報記録媒体の情報記録面に集光させることによって、情報の記録及び／又は再生を行うことが可能な光ピックアップ装置において、

前記対物レンズは、プラスチック単レンズであって、前記光情報記録媒体に対して情報を記録及び／または再生するのに必要な前記対物レンズの像側開口数をNA、前記対物レンズの焦点距離をf (mm) としたとき、次式を満たすことを特徴とする。

$$NA \geq 0.8 \quad (1)$$

$$1.0 > f > 0.2 \quad (2)$$

本発明の作用効果は、請求項1に記載の発明の作用効果と同様である。

【0066】

請求項22に記載の光ピックアップ装置は、請求項21に記載の発明において、第1の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに、その設計基準波長である波長 λ_0 (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差のRMS値を $W(\lambda_0, T_0)$ とし、第2の雰囲気温度 $T_1 = 55^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに波長 λ_0 (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差のRMS値を $W(\lambda_0, T_1)$ としたとき、

$$\Delta W = |W(\lambda_0, T_1) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (3)$$

で定義される ΔW が次式を満たすことを特徴とする。

$$\Delta W < 0.035 \lambda_{rms} \quad (4)$$

本発明の作用効果は、請求項2に記載の発明の作用効果と同様である。

【0067】

請求項23に記載の光ピックアップ装置は、請求項21又は22に記載の発明において、前記対物レンズの設計基準波長 λ_0 は500 nm以下であって、第1

の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに波長 λ_0 (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズのバックフォーカスを $f_B(\lambda_0, T_0)$ とし、第1の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに前記波長 λ_0 よりも 5 nm 長い波長 λ_1 (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズのバックフォーカスを $f_B(\lambda_1, T_0)$ としたとき、

$$\Delta f_B = |f_B(\lambda_1, T_0) - f_B(\lambda_0, T_0)| \quad (5)$$

で定義される Δf_B が次式を満たすことを特徴とする。

$$\Delta f_B < 0.001 \text{ mm} \quad (6)$$

本発明の作用効果は、請求項3に記載の発明の作用効果と同様である。

【0068】

請求項24に記載の光ピックアップ装置は、請求項21乃至23のいずれかに記載の発明において、前記対物レンズが、前記光源から出射された発散光束を前記情報記録面上に集光する有限共役型の対物レンズであって、次式を満たすことを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項4に記載の発明の作用効果と同様である。

$$0.8 > f > 0.2 \quad (6A)$$

【0069】

請求項25に記載の光ピックアップ装置は、請求項24に記載の発明において、前記対物レンズの結像倍率を m としたとき、次式を満たすことを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項5に記載の発明の作用効果と同様である。

$$0.2 > |m| > 0.02 \quad (6B)$$

【0070】

請求項26に記載の光ピックアップ装置は、請求項24又は25に記載の発明において、前記対物レンズと前記光源がアクチュエータにより一体となって少なくともトラッキング駆動されることを特徴とする。

【0071】

発散光束が入射する有限共役型の対物レンズでは、トラッキングエラーにより発生するコマ収差が問題となる。これは、トラッキングエラーにより光源の発光点に対して対物レンズが偏芯すると、発光点が対物レンズに対して軸外物点とな

るからである。一般的な光ピックアップ装置において、トラッキングエラーによる対物レンズの偏芯量は0.2乃至0.3mm程度であるが、本発明による対物レンズは、上述した(6A)式を満たすような短焦点距離のレンズであるので、トラッキングエラーにより対物レンズが0.2乃至0.3mmも光源の発光点に対して偏芯すると、コマ収差や非点収差が大きく発生し光情報記録媒体に対して良好に記録／再生を行うことができない。そこで、請求項22に記載の光ピックアップ装置では、前記対物レンズと前記光源がアクチュエータにより一体となって少なくともトラッキング駆動されるように構成した。これによりトラッキングエラーによるコマ収差や非点収差の発生という問題を解決することができる。

【0072】

請求項27に記載の光ピックアップ装置は、光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光させるための対物レンズを含む集光光学系とを有し、前記集光光学系が、前記光源からの光束を、光情報記録媒体の情報記録面に集光させることによって、情報の記録及び／又は再生を行うことが可能な光ピックアップ装置において、

前記対物レンズは、複数の輪帯から構成され、かつ、隣り合う輪帯同士が、入射光に対して所定の光路差を生じるように形成された輪帯構造を、少なくとも1つの光学面上に有するプラスチック単レンズであって、

前記光情報記録媒体に対して情報を記録及び／または再生するのに必要な前記対物レンズの像側開口数をNA、前記対物レンズの焦点距離をf(mm)としたとき、次式を満たすことを特徴とする。

$$NA \geq 0.8 \quad (7)$$

$$1.3 > f > 0.2 \quad (8)$$

本発明の作用効果は、請求項6に記載の発明の作用効果と同様である。

【0073】

請求項28に記載の光ピックアップ装置は、請求項27に記載の発明において、前記輪帯構造は、所定の入射光を回折させる機能を有する回折構造であって、前記対物レンズは、回折作用と屈折作用とを合わせた作用により前記情報記録面に集光する集光波面を形成することを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項

7に記載の発明の作用効果と同様である。

【0074】

請求項29に記載の光ピックアップ装置は、請求項28に記載の発明において、前記対物レンズは、入射光の波長が長波長側に変化した際に、球面収差が補正不足となる方向に変化するような球面収差特性を有することを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項8に記載の発明の作用効果と同様である。

【0075】

請求項30に記載の光ピックアップ装置は、請求項28又は29に記載の発明において、前記回折構造を透過する波面に付加される光路差 Φ_b を、光軸からの高さ h (mm) の関数として、

$$\Phi_b = b_2 \cdot h^2 + b_4 \cdot h^4 + b_6 \cdot h^6 + \dots$$

により定義される光路差関数 Φ_b で表わすとき（ただし、 b_2 、 b_4 、 b_6 、…はそれぞれ2次、4次、6次、……の光路差関数係数である）、次式を満たすことを特徴とする。

$$-70 < (b_4 \cdot h_{MAX}^4) / (f \cdot \lambda_0 \cdot 10^{-6} \cdot (NA \cdot (1-m))) < -20 \quad (8A)$$

ただし、 λ_0 (nm) は前記対物レンズの設計基準波長であり、 h_{MAX} は前記回折構造が形成された光学面の有効径最大高さ (mm) であり、 m は前記対物レンズの結像倍率である。本発明の作用効果は、請求項9に記載の発明の作用効果と同様である。

【0076】

請求項31に記載の光ピックアップ装置は、請求項27に記載の発明において、前記輪帯構造は、隣り合う輪帯同士が、互いに光軸方向に変位して形成されることで、入射光に対して前記所定の光路差を生じ、前記対物レンズは、屈折作用により前記情報記録面に集光する集光波面を形成することを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項10に記載の発明の作用効果と同様である。

【0077】

請求項32に記載の光ピックアップ装置は、請求項31に記載の発明において、前記対物レンズは、光軸に近い側に隣接する輪帯よりも内側に変位して形成さ

れた輪帯と、光軸に近い側に隣接する輪帯よりも外側に変位して形成された輪帯と、を少なくとも1つずつ有し、かつ、前記光軸に近い側に隣接する輪帯よりも内側に変位して形成された輪帯は、前記光軸に近い側に隣接する輪帯よりも外側に変位して形成された輪帯よりも、光軸に近い側に形成されたことを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項11に記載の発明の作用効果と同様である。

【0078】

請求項33に記載の光ピックアップ装置は、請求項31又は32に記載の発明において、前記輪帯の総数が3以上20以下であることを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項12に記載の発明の作用効果と同様である。

【0079】

請求項34に記載の光ピックアップ装置は、請求項31乃至33のいずれかに記載の発明において、前記輪帯構造が形成された光学面の有効径最大高さの75%の高さから100%の高さの領域に形成された輪帯構造において、互いに隣接する輪帯同士の境界における光軸方向の段差のうち、任意の段差の段差量を Δj (μm) とし、前記対物レンズの設計基準波長 λ_0 (nm) における屈折率を n としたとき、

$$m_j = \text{INT}(X) \quad (8B)$$

(ただし、 $X = \Delta j \cdot (n-1) / (\lambda_0 \cdot 10^{-3})$ であり、 $\text{INT}(X)$ は X を四捨五入して得られる整数である。)

で表される m_j が2以上の整数であることを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項13に記載の発明の作用効果と同様である。

【0080】

請求項35に記載の光ピックアップ装置は、請求項27乃至34のいずれかに記載の発明において、第1の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズにその設計基準波長である波長 λ_0 (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差のRMS値を $W(\lambda_0, T_0)$ とし、第1の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに前記波長 λ_0 よりも5nm長い波長 λ_1 (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差のRMS値を $W(\lambda_1, T_0)$ とし、第2の雰囲気温度 $T_1 = 55^\circ\text{C}$ の環境温度下に

において、前記対物レンズに波長 λ_2 (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差のRMS値を $W(\lambda_2, T_1)$ としたとき、

$$\Delta W1 = |W(\lambda_2, T_1) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (9)$$

$$\Delta W2 = |W(\lambda_1, T_0) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (10)$$

で定義される $\Delta W1$ 及び $\Delta W2$ が次式を満たすことを特徴とする。

$$\Delta W1 < 0.035 \lambda_{rms} \quad (11)$$

$$\Delta W2 < 0.035 \lambda_{rms} \quad (12)$$

ただし、

$\lambda_0 < 600 \text{ nm}$ のとき、 $\lambda_2 = \lambda_0 + 1.5 \text{ (nm)}$ であり、

$\lambda_0 \geq 600 \text{ nm}$ のとき、 $\lambda_2 = \lambda_0 + 6 \text{ (nm)}$ である。

本発明の作用効果は、請求項14に記載の発明の作用効果と同様である。

【0081】

請求項36に記載の光ピックアップ装置は、請求項35に記載の発明において、次式を満たすと好ましい。

$$\sqrt{(\Delta W1)^2 + (\Delta W2)^2} < 0.05 \lambda_{rms} \quad (13)$$

本発明の作用効果は、請求項15に記載の発明の作用効果と同様である。

【0082】

請求項37に記載の光ピックアップ装置において、請求項27乃至36のいずれかに記載の発明において、前記対物レンズは、前記光源から出射された発散光束を前記情報記録面上に集光する有限共役型の対物レンズであって、次式を満たすことを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項16に記載の発明の作用効果と同様である。

$$1.1 > f > 0.2 \quad (13A)$$

【0083】

請求項38に記載の光ピックアップ装置は、請求項37に記載の発明において、前記対物レンズの結像倍率を m としたとき、次式を満たすことを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項17に記載の発明の作用効果と同様である。

$$0.2 > |m| > 0.02 \quad (13B)$$

【0084】

請求項 39 に記載の光ピックアップ装置は、請求項 37 又は 38 に記載の発明において、前記対物レンズと前記光源がアクチュエーター一体となって少なくともトラッキング駆動されることを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 26 に記載の発明の作用効果と同様である。

【0085】

請求項 40 に記載の光ピックアップ装置は、請求項 21 乃至 39 のいずれかに記載の発明において、前記対物レンズの光軸上のレンズ厚さを d (mm)、焦点距離を f (mm) としたとき、次式を満たすことを特徴とする。

$$0.8 < d/f < 1.8 \quad (14)$$

本発明の作用効果は、請求項 18 に記載の発明の作用効果と同様である。

【0086】

請求項 41 に記載の光ピックアップ装置は、請求項 27 乃至 29 のいずれかに記載の発明において、前記対物レンズの設計基準波長 λ_0 (nm) が、次式を満たすことを特徴とする。

$$500 \geq \lambda_0 \geq 350 \quad (15)$$

本発明の作用効果は、請求項 19 に記載の発明の作用効果と同様である。

【0087】

請求項 42 に記載の光ピックアップ装置は、請求項 21 乃至 41 のいずれかに記載の発明において、次式を満たすことを特徴とする。

$$0.40 \leq (X1 - X2) \cdot (N - 1) / (NA \cdot f \cdot \sqrt{1 + |m|}) \leq 0.63 \quad (16)$$

ただし、

$X1$: 光軸に垂直で光源側の光学面の頂点に接する平面と、有効径最周辺（上記 NA のマージナル光線が入射する光源側の面上の位置）における光源側の光学面との光軸方向の距離 (mm) であり、上記接平面を基準として光情報記録媒体の方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする

$X2$: 光軸に垂直で光情報記録媒体側の光学面の頂点に接する平面と、有効径最周辺（上記 NA のマージナル光線が入射する光情報記録媒体側の光学面上の位置）における光情報記録媒体側の面との光軸方向の距離 (mm) であり、上記接平

面を基準として光情報記録媒体の方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする

N: 前記設計基準波長 λ_0 における前記対物レンズの屈折率

f: 前記対物レンズの焦点距離 (mm)

m: 前記対物レンズの結像倍率

本発明の作用効果は、請求項 20 に記載の発明の作用効果と同様である。

【0088】

請求項 43 に記載の光情報記録再生装置は、光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光させるための対物レンズを含む集光光学系とを有し、前記集光光学系が、前記光源からの光束を、光情報記録媒体の情報記録面に集光させることによって、情報の記録及び／又は再生を行うことが可能な光ピックアップ装置を有する光情報記録再生装置において、前記対物レンズは、プラスチック単レンズであって、前記光情報記録媒体に対して情報を記録及び／または再生するのに必要な前記対物レンズの像側開口数を NA、前記対物レンズの焦点距離を f (mm) としたとき、次式を満たすことを特徴とする。

$$NA \geq 0.8 \quad (1)$$

$$1.0 > f > 0.2 \quad (2)$$

本発明の作用効果は、請求項 1 に記載の発明の作用効果と同様である。

【0089】

請求項 44 に記載の光情報記録再生装置は、請求項 43 に記載の発明において、第 1 の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに、その設計基準波長である波長 λ_0 (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差の RMS 値を $W(\lambda_0, T_0)$ とし、第 2 の雰囲気温度 $T_1 = 55^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに波長 λ_0 (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差の RMS 値を $W(\lambda_0, T_1)$ としたとき、

$$\Delta W = |W(\lambda_0, T_1) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (3)$$

で定義される ΔW が次式を満たすことを特徴とする。

$$\Delta W < 0.035 \lambda_{rms} \quad (4)$$

本発明の作用効果は、請求項 2 に記載の発明の作用効果と同様である。

【0090】

請求項45に記載の光情報記録再生装置は、請求項43又は44に記載の発明において、前記対物レンズの設計基準波長 λ_0 は500nm以下であって、第1の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに波長 λ_0 (nm)の光を入射させた際の前記対物レンズのバックフォーカスを $f_B(\lambda_0, T_0)$ とし、第1の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに前記波長 λ_0 よりも5nm長い波長 λ_1 (nm)の光を入射させた際の前記対物レンズのバックフォーカスを $f_B(\lambda_1, T_0)$ としたとき、

$$\Delta f_B = |f_B(\lambda_1, T_0) - f_B(\lambda_0, T_0)| \quad (5)$$

で定義される Δf_B が次式を満たすことを特徴とする。

$$\Delta f_B < 0.001 \text{ mm} \quad (6)$$

本発明の作用効果は、請求項3に記載の発明の作用効果と同様である。

【0091】

請求項46に記載の光情報記録再生装置において、請求項43乃至45のいずれかに記載の発明において、前記対物レンズは、前記光源から出射された発散光束を前記情報記録面上に集光する有限共役型の対物レンズであって、次式を満たすことを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項4に記載の発明の作用効果と同様である。

$$0.8 > f > 0.2 \quad (6A)$$

【0092】

請求項47に記載の光情報記録再生装置は、請求項46に記載の発明において、前記対物レンズの結像倍率を m としたとき、次式を満たすことを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項5に記載の発明の作用効果と同様である。

$$0.2 > |m| > 0.02 \quad (6B)$$

【0093】

請求項48に記載の光情報記録再生装置は、請求項46又は47に記載の発明において、前記対物レンズと前記光源がアクチュエータにより一体となつて少なくともトラッキング駆動されることを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項26に記載の発明の作用効果と同様である。

【0094】

請求項49に記載の光情報記録再生装置は、光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光させるための対物レンズを含む集光光学系とを有し、前記集光光学系が、前記光源からの光束を、光情報記録媒体の情報記録面に集光させることによって、情報の記録及び／又は再生を行うことが可能な光ピックアップ装置を有する光情報記録再生装置において、前記対物レンズは、複数の輪帯から構成され、かつ、隣り合う輪帯同士が、入射光に対して所定の光路差を生じるように形成された輪帯構造を、少なくとも1つの光学面上に有するプラスチック単レンズであって、前記光情報記録媒体に対して情報を記録及び／または再生するのに必要な前記対物レンズの像側開口数をNA、前記対物レンズの焦点距離をf (mm) としたとき、次式を満たすことを特徴とする。

$$NA \geq 0.8 \quad (7)$$

$$1.3 > f > 0.2 \quad (8)$$

本発明の作用効果は、請求項6に記載の発明の作用効果と同様である。

【0095】

請求項50に記載の光情報記録再生装置は、請求項49に記載の発明において、前記輪帯構造は、所定の入射光を回折させる機能を有する回折構造であって、前記対物レンズは、回折作用と屈折作用とを合わせた作用により前記情報記録面に集光する集光波面を形成することを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項7に記載の発明の作用効果と同様である。

【0096】

請求項51に記載の光情報記録再生装置は、請求項50に記載の発明において、前記対物レンズは、入射光の波長が長波長側に変化した際に、球面収差が補正不足となる方向に変化するような球面収差特性を有することを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項8に記載の発明の作用効果と同様である。

【0097】

請求項52に記載の光情報記録再生装置は、請求項50又は51に記載の発明において、前記回折構造を透過する波面に付加される光路差 Φ_b を、光軸からの高さh (mm) の関数として、

$$\Phi_b = b_2 \cdot h^2 + b_4 \cdot h^4 + b_6 \cdot h^6 + \dots$$

により定義される光路差関数 Φ_b で表わすとき（ただし、 b_2 、 b_4 、 b_6 、…はそれぞれ2次、4次、6次、……の光路差関数係数である）、次式を満たすことを特徴とする。

$$-70 < (b_4 \cdot h_{MAX}^4) / (f \cdot \lambda_0 \cdot 10^{-6} \cdot (NA \cdot (1-m))) < -20 \quad (8A)$$

ただし、 λ_0 (nm) は前記対物レンズの設計基準波長であり、 h_{MAX} は前記回折構造が形成された光学面の有効径最大高さ (mm) であり、 m は前記対物レンズの結像倍率である。本発明の作用効果は、請求項9に記載の発明の作用効果と同様である。

【0098】

請求項53に記載の光情報記録再生装置は、請求項49に記載の発明において、前記輪帯構造は、隣り合う輪帯同士が、互いに光軸方向に変位して形成されることで、入射光に対して前記所定の光路差を生じ、前記対物レンズは、屈折作用により前記情報記録面に集光する集光波面を形成することを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項10に記載の発明の作用効果と同様である。

【0099】

請求項54に記載の光情報記録再生装置は、請求項53に記載の発明において、前記対物レンズは、光軸に近い側に隣接する輪帯よりも内側に変位して形成された輪帯と、光軸に近い側に隣接する輪帯よりも外側に変位して形成された輪帯と、を少なくとも1つずつ有し、かつ、前記光軸に近い側に隣接する輪帯よりも内側に変位して形成された輪帯は、前記光軸に近い側に隣接する輪帯よりも外側に変位して形成された輪帯よりも、光軸に近い側に形成されたことを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項11に記載の発明の作用効果と同様である。

【0100】

請求項55に記載の光情報記録再生装置は、請求項53又は54に記載の発明において、前記輪帯の総数が3以上20以下であることを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項12に記載の発明の作用効果と同様である。

【0101】

請求項56に記載の光情報記録再生装置は、請求項53乃至55のいずれかに記載の発明において、前記輪帯構造が形成された光学面の有効径最大高さの75%の高さから100%の高さの領域に形成された輪帯構造において、互いに隣接する輪帯同士の境界における光軸方向の段差のうち、任意の段差の段差量を Δj (μm)とし、前記対物レンズの設計基準波長 λ_0 (nm)における屈折率を n としたとき、

$$m_j = \text{INT}(X) \quad (8B)$$

(ただし、 $X = \Delta j \cdot (n-1) / (\lambda_0 \cdot 10^{-3})$ であり、 $\text{INT}(X)$ は X を四捨五入して得られる整数である。)

で表される m_j が2以上の整数であることを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項13に記載の発明の作用効果と同様である。

【0102】

請求項57に記載の光情報記録再生装置は、請求項49乃至56のいずれかに記載の発明において、第1の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズにその設計基準波長である波長 λ_0 (nm)の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差のRMS値を $W(\lambda_0, T_0)$ とし、第1の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに前記波長 λ_0 よりも5nm長い波長 λ_1 (nm)の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差のRMS値を $W(\lambda_1, T_0)$ とし、第2の雰囲気温度 $T_1 = 55^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに波長 λ_2 (nm)の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差のRMS値を $W(\lambda_2, T_1)$ としたとき、

$$\Delta W1 = |W(\lambda_2, T_1) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (9)$$

$$\Delta W2 = |W(\lambda_1, T_0) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (10)$$

で定義される $\Delta W1$ 及び $\Delta W2$ が次式を満たすことを特徴とする。

$$\Delta W1 < 0.035 \lambda_{rms} \quad (11)$$

$$\Delta W2 < 0.035 \lambda_{rms} \quad (12)$$

ただし、

$\lambda_0 < 600\text{nm}$ のとき、 $\lambda_2 = \lambda_0 + 1.5\text{ (nm)}$ であり、

$\lambda_0 \geq 600\text{nm}$ のとき、 $\lambda_2 = \lambda_0 + 6\text{ (nm)}$ である。

本発明の作用効果は、請求項 14 に記載の発明の作用効果と同様である。

【0103】

請求項 58 に記載の光情報記録再生装置は、請求項 57 に記載の発明において、次式を満たすと好ましい。

$$\sqrt{(\Delta W1)^2 + (\Delta W2)^2} < 0.05 \lambda \text{ rms} \quad (13)$$

本発明の作用効果は、請求項 15 に記載の発明の作用効果と同様である。

【0104】

請求項 59 に記載の光情報記録再生装置において、請求項 49 乃至 58 のいずれかに記載の発明において、前記対物レンズは、前記光源から出射された発散光束を前記情報記録面上に集光する有限共役型の対物レンズであって、次式を満たすことを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 16 に記載の発明の作用効果と同様である。

$$1.1 > f > 0.2$$

(13A)

【0105】

請求項 60 に記載の光情報記録再生装置は、請求項 59 に記載の発明において、前記対物レンズの結像倍率を m としたとき、次式を満たすことを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 17 に記載の発明の作用効果と同様である。

$$0.2 > |m| > 0.02$$

(13B)

【0106】

請求項 61 に記載の光情報記録再生装置は、請求項 59 又は 60 に記載の発明において、前記対物レンズと前記光源がアクチュエータ一体となって少なくともトラッキング駆動されることを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 26 に記載の発明の作用効果と同様である。

【0107】

請求項 62 に記載の光情報記録再生装置は、請求項 43 乃至 61 のいずれかに記載の発明において、前記対物レンズの光軸上のレンズ厚さを d (mm)、焦点距離を f (mm) としたとき、次式を満たすことを特徴とする。

$$0.8 < d/f < 1.8$$

(14)

本発明の作用効果は、請求項 18 に記載の発明の作用効果と同様である。

【0108】

請求項63に記載の光情報記録再生装置は、請求項43乃至62のいずれかに記載の発明において、前記対物レンズの設計基準波長 λ_0 (nm) が、次式を満たすことを特徴とする。

$$500 \geq \lambda_0 \geq 350 \quad (15)$$

本発明の作用効果は、請求項19に記載の発明の作用効果と同様である。

【0109】

請求項64に記載の光情報記録再生装置は、請求項43乃至63のいずれかに記載の発明において、次式を満たすことを特徴とする。

$$0.40 \leq (X1 - X2) \cdot (N - 1) / (NA \cdot f \cdot \sqrt{1 + |m|}) \leq 0.63 \quad (16)$$

ただし、

X1：光軸に垂直で光源側の光学面の頂点に接する平面と、有効径最周辺（上記NAのマージナル光線が入射する光源側の面上の位置）における光源側の光学面との光軸方向の距離（mm）であり、上記接平面を基準として光情報記録媒体の方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする

X2：光軸に垂直で光情報記録媒体側の光学面の頂点に接する平面と、有効径最周辺（上記NAのマージナル光線が入射する光情報記録媒体側の光学面上の位置）における光情報記録媒体側の面との光軸方向の距離（mm）であり、上記接平面を基準として光情報記録媒体の方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする

N：前記設計基準波長 λ_0 における前記対物レンズの屈折率

f：前記対物レンズの焦点距離（mm）

m：前記対物レンズの結像倍率

本発明の作用効果は、請求項20に記載の発明の作用効果と同様である。

【0110】

【発明の実施の形態】

以下、本発明による実施の形態について図面を用いて説明する。図1は、本実施の形態の対物レンズ1を示す概略図であり、(A)は正面図、(B)は側面図

、(C)は側面を一部拡大した図である。この対物レンズ1は、例えば、青紫色半導体レーザのような短波長光源を使用する高密度DVDやMO等を記録／再生するための光ピックアップ装置に適用され、光源から発したレーザ光を光ディスクの情報記録面上に集光させる機能を有している。

【0111】

対物レンズ1は、非球面である2つの光学面2、3を有する両凸のプラスチック単レンズであり、一方の光学面2上に図1(A)に示したように光軸を中心とした同心円上の回折構造としての輪帯構造が形成されている。この輪帯構造は、図1(C)に示したように、フレネルレンズのように各輪帯の境界に光軸方向に段差 Δ を持つ。この輪帯構造の任意の輪帯に入射したレーザ光は、その輪帯の光軸に垂直な方向の幅(本明細書では、かかる輪帯の光軸に垂直な方向の幅を「輪帯ピッチ」と呼ぶ)によって決定される方向に回折する。

【0112】

この輪帯構造は、入射光の波長が長波長側に変化した際に、球面収差が補正不足となる方向に変化するような球面収差特性を有している。プラスチック単レンズは温度上昇により屈折率が小さくなるので、補正過剰方向に球面収差が変化する。一方、半導体レーザの発振波長は、温度上昇により長くなる方向に変化する。例えば、青紫色半導体レーザは温度上昇により $+0.05\text{ nm}/^{\circ}\text{C}$ 発振波長の変化するので、温度が $+30^{\circ}\text{C}$ 上昇した場合には、 1.5 nm 波長が長波長側に変化する。したがって、輪帯構造の回折作用により入射光の波長が長波長側に変化した際に、球面収差が補正不足となる方向に変化するような球面収差特性を対物レンズに持たせることで、温度上昇に伴う屈折率変化により補正過剰となる球面収差の変化を、温度上昇による半導体レーザの発振波長の変化により補正不足となる球面収差の変化により打ち消すことができる。

【0113】

このように、輪帯構造の回折作用により、温度収差を補正するためには、故意に色の球面収差を発生させる必要がある。ところが、高NAプラスチック単レンズの温度収差を完全に補正しようとする、色の球面収差の発生量を大きく設定しなくてはならず、製造誤差により発振波長が基準となる波長からずれた半導体

レーザを用いることができない。そこで、対物レンズ1では、温度収差の補正量を小さくするために、焦点距離を(8)式又は(13A)式を満たすように設定し、さらに、温度収差の補正と色の球面収差の発生量とがそれぞれ(11)乃至(13)式を満たすように両者の間のバランスをとったので、高NAのプラスチック単レンズでありながら、温度収差と色の球面収差とがともに良好なレンズとなっている。

【0114】

図2は、別の実施の形態の対物レンズ4を示す概略図であり、(A)は正面図、(B)は側面図である。この対物レンズ4は、対物レンズ1と同様に、青紫色半導体レーザのような短波長光源を使用する高密度DVDやMO等を記録／再生するための光ピックアップ装置に適用され、光源から発したレーザ光を光ディスクの情報記録面上に集光させる機能を有している。

【0115】

対物レンズ4は、非球面である2つの光学面5、6を有する両凸のプラスチック単レンズであり、一方の光学面5上に図2(A)に示したように光軸を中心とした同心円上の輪帯構造が形成されている。この輪帯構造は、各輪帯の境界に光軸方向に段差 Δ を持ち、各段差 Δ は、設計基準温度である25℃において、隣り合う輪帯を透過したレーザ光は波長の整数倍だけ光路差が異なるように決定されている。

【0116】

この輪帯構造は、さらに、図2(B)に示すように、内側に隣接する輪帯よりも光路長が短くなるように光軸方向に変位して形成された輪帯と、内側に隣接する輪帯よりも光路長が長くなるように光軸方向に変位して形成された輪帯とを、少なくとも1つずつ有し、かつ、内側に隣接する輪帯よりも光路長が短くなるように光軸方向に変位して形成された輪帯は、内側に隣接する輪帯よりも光路長が長くなるように光軸方向に変位して形成された輪帯よりも光軸に近い側に形成されている。以下に、このように決定された輪帯構造によるプラスチック単レンズの温度収差を補正の原理を説明する。

【0117】

図3は、非球面である2つの光学面を有する両凸のプラスチック単レンズの、設計基準温度から30℃温度が上昇した場合の波面の様子を表す図であり、図3の横軸が光学面の有効半径を表し、縦軸が光路差を表す。プラスチック単レンズは、温度上昇に伴う屈折率変化の影響で球面収差が発生し、図3の線図A gのように波面が変化する。また、図3の線図B gは、上記のように決定された輪帯構造により透過波面に付加される光路差を示し、図3の線図C gは、設計基準温度から30℃温度が上昇した場合の、かかる輪帯構造とプラスチック単レンズとを透過した波面の様子を表している。線図B g及びC gから、かかる輪帯構造を透過した波面と、設計基準温度から30℃温度が上昇した場合のプラスチック単レンズの波面とが打ち消しあうことで、光ディスクの情報記録面上に集光されたレーザー光の波面は、巨視的にみると光路差のない良好な波面となり、かかる輪帯構造によりプラスチック単レンズの温度収差が補正されることが理解できる。

【0118】

回折構造としての輪帯構造の回折作用により温度収差を補正する場合と同様に、上記のように決定された輪帯構造の作用により、高NAプラスチック単レンズの温度収差補正する場合には、温度収差を完全に補正しようとする、色の球面収差の発生量が大きくなりすぎてしまい、製造誤差により発振波長が基準となる波長からずれた半導体レーザーを用いることができない。

【0119】

そこで、対物レンズ4では、温度収差の補正量を小さくするために、焦点距離を(8)式又は(13A)式を満たすように設定し、さらに、温度収差の補正と色の球面収差の発生量とがそれぞれ(11)乃至(13)式を満たすように両者の間のバランスをとったので、高NAのプラスチック単レンズでありながら、対物レンズ1と同様に、温度収差と色の球面収差とが共に良好なレンズとなっている。

【0120】

図4は、本発明による対物レンズを搭載した光ピックアップ装置(光情報記録再生装置)の構成を概略的に示す図である。光ピックアップ装置7は光源としての半導体レーザー8と、対物レンズ9とを有している。

【0121】

半導体レーザー8は、波長400nm程度の波長の光を発生するGaN系青紫色半導体レーザーである。また、波長400nm程度の波長の光を発生する光源としては上記のGaN系青紫色レーザーのほかに、SHG青紫色レーザーを用いてもよい。

【0122】

対物レンズ9は、焦点距離が(2)式を満たすようなプラスチック単レンズ、図1の対物レンズ1又は図2の対物レンズ4のいずれかである。対物レンズ9は、光軸に対し垂直に延びた面を持つフランジ部9Aを有し、このフランジ部9Aにより、対物レンズ9を光ピックアップ装置7に精度よく取り付けることができる。また、対物レンズ9の光ディスク10側の開口数は0.80以上とされている。

【0123】

半導体レーザー8から射出された発散光束は、偏光ビームスプリッタ11を透過し、コリメートレンズ12、および1/4波長板13を経て円偏光の平行光束となった後、絞り14により光束径が規制され、対物レンズ9によって高密度DVDである光ディスク10の保護層10Aを介して情報記録面10B上に形成されるスポットとなる。対物レンズ9は、その周辺に配置されたアクチュエータ15によってフォーカス制御およびトラッキング制御される。

【0124】

情報記録面10Bで情報ピットにより変調された反射光束は、再び対物レンズ9、絞り14、1/4波長板13、およびコリメートレンズ12を透過した後、収斂光束となり、偏光ビームスプリッタ11によって反射され、シリンドリカルレンズ16、凹レンズ17を経ることによって非点収差が与えられ、光検出器18に収束する。そして、光検出器18の出力信号を用いて光ディスク10に記録された情報を読み取ることができる。

【0125】

図6は、本発明による対物レンズを搭載した別の光ピックアップ装置(光情報記録再生装置)の構成を概略的に示す図である。光ピックアップ装置7'は光源

としての半導体レーザ8と、対物レンズ9とを有している。

【0126】

半導体レーザ8は、波長400nm程度の波長の光を発生するGaN系青紫色半導体レーザである。また、波長400nm程度の波長の光を発生する光源としては上記のGaN系青紫色レーザのほかに、SHG青紫色レーザであってもよい。

【0127】

対物レンズ9は、焦点距離が(6A)式を満たすようなプラスチック単レンズ、上記の対物レンズ1、及び対物レンズ4のいずれかであって、半導体レーザ8から出射された発散光束を、高密度DVDである光ディスク10の保護層10Aを介して情報記録面10B上に集光する有限共役型の対物レンズである。対物レンズ9は、光軸に対し垂直に延びた面を持つフランジ部9Aを有し、このフランジ部9Aにより、対物レンズ9を光ピックアップ装置7に精度よく取り付けることができる。また、対物レンズ9の光ディスク10側の開口数は0.80以上とされている。

【0128】

半導体レーザ8から射出された発散光束は、偏光ビームスプリッタ11を透過し、1/4波長板13を経て円偏光となった後、絞り14により光束径が規制され、対物レンズ9によって高密度DVDである光ディスク10の保護層10Aを介して情報記録面10B上に形成されるスポットとなる。情報記録面10Bで情報ピットにより変調された反射光束は、再び対物レンズ9、絞り14、および1/4波長板13を透過した後、偏光ビームスプリッタ11によって反射され、シリンドリカルレンズ16、凹レンズ17を経ることによって非点収差が与えられ、光検出器18に収束する。そして、光検出器18の出力信号を用いて光ディスク10に記録された情報を読み取ることができる。

【0129】

光ピックアップ装置7'では、半導体レーザ8、対物レンズ9、偏光ビームスプリッタ11、1/4波長板13、シリンドリカルレンズ16、凹レンズ17、および光検出器18が1つの基板上にモジュール化されており、トラッキング制

御の際には、これらが一体となってアクチュエータ 19 により駆動される。

【0130】

次に、上述した実施の形態に好適な実施例を 6 例提示する。実施例 1 乃至 6 は情報の記録／再生に使用する波長が 405 nm、保護層の厚さが 0.1 mm の高密度 DVD 用の光ピックアップ装置に適用される対物レンズであり、実施例 1 は、(2) 式を満たすように焦点距離を設定することで、温度収差と軸上色収差の発生量を小さく抑えたプラスチック単レンズであり、実施例 2 及び 3 は、いずれも第 1 面（光源側の光学面）に形成した輪帯構造の作用により温度収差を補正したプラスチック単レンズである。また、実施例 4 は、(6A) 式を満たすように焦点距離を設定することで、温度収差と軸上色収差の発生量を小さく抑えた有限共役型のプラスチック単レンズであり、実施例 5 及び 6 は、第 1 面（光源側の光学面）に形成した輪帯構造の作用により温度収差を補正した有限共役型のプラスチック単レンズである。

【0131】

表 4 に実施例 1 の対物レンズのレンズデータを示し、表 5 に実施例 2 の対物レンズのレンズデータを示し、表 6 に実施例 3 の対物レンズのレンズデータを示す。表 4、表 5 及び表 6 のレンズデータにおいて、 r (mm) は曲率半径、 d (mm) は面間隔、 N_{405} は波長 405 nm における屈折率、 ν_d は d 線におけるアッペ数を表す。

【表 4】

面番号	r (mm)	d (mm)	N405	νd	備考 光源
0		∞			
1	0.3353	0.6600	1.56013	56.7	対物レンズ
2	-0.3615	0.0762			
3	∞	0.1000	1.61950	30.0	保護層
4	∞				

非球面係数

	第1面	第2面
κ	-6.9542E-01	-1.7907E+01
A4	7.9891E-01	1.5728E+01
A6	1.3935E+00	-3.5161E+02
A8	3.3472E+01	3.4150E+03
A10	-7.8778E+01	-1.3187E+04
A12	-7.8324E+02	-5.2600E+02
A14	6.6992E+03	
A16	3.4753E+04	
A18	-1.9498E+05	
A20	-5.8872E+05	

【表 5】

面番号	r (mm)	d (mm)	N405	νd	備考 光源
0		∞			
1	0.6157	1.1400	1.56013	56.7	対物レンズ
2	-0.9615	0.2018			
3	∞	0.1000	1.61950	30.0	保護層
4	∞				

非球面係数

	第1面	第2面
κ	-6.3213E-01	-4.7996E+01
A4	5.0716E-02	1.7646E+00
A6	5.2621E-02	-9.5272E+00
A8	5.2319E-01	1.8626E+01
A10	-7.1277E-01	1.2599E+00
A12	-9.9374E-01	-4.0506E+01
A14	3.4591E+00	
A16	-2.1262E+00	
A18	3.3120E+00	
A20	-8.7979E+00	

回折面係数

	第1面
b2	-2.4634E-02
b4	-5.1397E-02
b6	5.7231E-02
b8	-9.6553E-02
b10	-4.4043E-02

【表6】

面番号	r (mm)	d (mm)	N405	v d	備考 光源
0		∞			
1	下表参照	下表参照	1.58019	56.7	対物レンズ
2	-0.5177	0.1190			
3	∞	0.1000	1.61950	30.0	保護層
4	∞				

非球面係数

第1面						
輪帯番号	1	2	3	4	5	6
始点高さ (mm)	0.000	0.180	0.250	0.320	0.468	0.490
終点高さ (mm)	0.180	0.250	0.320	0.468	0.490	0.500
r (mm)	0.4098	0.4091	0.4088	0.4085	0.4091	0.4093
d (mm)	0.790000	0.791446	0.792892	0.794338	0.792892	0.791446
κ	-6.8225E-01	-8.8654E-01	-6.8173E-01	-6.4004E-01	-6.8027E-01	-6.8136E-01
A4	4.7569E-01	4.6142E-01	4.7673E-01	4.3957E-01	4.8637E-01	4.8269E-01
A6	-7.5261E-02	3.0402E-01	4.1806E-02	-7.5127E-01	-5.4146E-02	-6.5495E-02
A8	9.7904E+00	8.5608E+00	8.5753E+00	1.2831E+01	9.7795E+00	9.7619E+00
A10	-2.9021E+00	-8.6205E+00	1.3381E+00	-1.0574E+01	-3.3573E+00	-3.2629E+00
A12	-1.3130E+02	-1.3130E+02	-1.3130E+02	-1.3130E+02	-1.3131E+02	-1.3130E+02
A14	2.4202E+02	2.4202E+02	2.4202E+02	2.4202E+02	2.4202E+02	2.4201E+02
A16	2.2763E+03	2.2763E+03	2.2763E+03	2.2763E+03	2.2763E+03	2.2763E+03
A18	-2.2834E+03	-2.2834E+03	-2.2834E+03	-2.2834E+03	-2.2834E+03	-2.2834E+03
A20	-1.8263E+04	-1.8263E+04	-1.8263E+04	-1.8263E+04	-1.8263E+04	-1.8263E+04

第2面	
κ	-2.7583E+01
A4	5.6751E+00
A6	-6.8184E+01
A8	3.5710E+02
A10	-7.5179E+02
A12	-4.5183E+01
A14	
A16	
A18	
A20	

【0132】

実施例1は、入射光束径0.8mm、焦点距離 $f=0.47$ mm、NA0.85、設計基準波長405nm、設計基準温度25℃のプラスチック単レンズである。焦点距離を(2)式を満たすように設定したので、高NAのプラスチック単レンズでありながら、温度収差とモードホッピングが生じた際の波面収差が、表7に示すように、ともに良好なレンズとなっている。

【表7】

	温度収差(+30℃)	モードホッピング(+1nm)
実施例1	0.020 λ rms	0.028 λ rms

【0133】

なお、表7において、温度収差を計算する際には、プラスチックレンズの温度

上昇に伴う屈折率の変化率を -9.0×10^{-5} とし、温度上昇に伴う入射光の波長の変化率を $+0.05 \text{ nm/}^\circ\text{C}$ とし、モードホッピングが生じた際の波面収差を計算する際には、青紫色半導体レーザのモードホッピングによる波長変化量を $+1 \text{ nm}$ と仮定し、対物レンズのフォーカス位置は 405 nm の最良像面位置に固定されている。

【0134】

実施例1の対物レンズに関して、 ΔW ((3) 式) の値は、 $W(\lambda_0, T_0) = 0.001 \lambda_{\text{rms}}$ ($\lambda_0 = 405 \text{ nm}$, $T_0 = 25^\circ\text{C}$)、 $W(\lambda_0, T_1) = 0.020 \lambda_{\text{rms}}$ ($\lambda_0 = 405 \text{ nm}$, $T_1 = 55^\circ\text{C}$) であるので、 $\Delta W = 0.019 \lambda_{\text{rms}}$ である。また、 Δf_B ((5) 式) の値は、 $f_B(\lambda_0, T_0) = 0.0762 \text{ mm}$ ($\lambda_0 = 405 \text{ nm}$, $T_0 = 25^\circ\text{C}$)、 $f_B(\lambda_1, T_0) = 0.0766 \text{ mm}$ ($\lambda_1 = 410 \text{ nm}$, $T_0 = 25^\circ\text{C}$) であるので、 $\Delta f_B = 0.0004 \text{ mm}$ である。ただし、本明細書においてバックフォーカス f_B とは、図5に示すように、対物レンズの光情報記録媒体側の光学面 S_2 と、光情報記録媒体の光束入射面 S_{IN} との光軸上の間隔を指す。

【0135】

実施例2は、入射光束径 1.5 mm 、焦点距離 $f = 0.88 \text{ mm}$ 、 $NA 0.85$ 、設計基準波長 405 nm 、設計基準温度 25°C のプラスチック単レンズであり、上述した実施の形態における対物レンズ1として好適な対物レンズである。実施例2の対物レンズの第1面には、表8に示すように、その境界で光軸方向に約 $0.7 \mu\text{m}$ 乃至 $1.2 \mu\text{m}$ の段差 Δ を持つ回折構造としての輪帯構造が、有効径内で80本形成されており、この輪帯構造に青紫色半導体レーザからのレーザ光が入射すると、1次回折光が最大の回折光量を有するように発生し（すなわち、この輪帯構造は波長 405 nm 、回折次数1で最適化されている）、この輪帯構造の回折作用により温度収差を良好に補正している。

【表 8】

輪帯番号	始点高さ(mm)	終点高さ(mm)	輪帯番号	始点高さ(mm)	終点高さ(mm)
1	0.000	0.126	41	0.619	0.624
2	0.126	0.176	42	0.624	0.629
3	0.176	0.213	43	0.629	0.633
4	0.213	0.243	44	0.633	0.638
5	0.243	0.269	45	0.638	0.642
6	0.269	0.291	46	0.642	0.647
7	0.291	0.312	47	0.647	0.651
8	0.312	0.330	48	0.651	0.655
9	0.330	0.347	49	0.655	0.659
10	0.347	0.363	50	0.659	0.663
11	0.363	0.378	51	0.663	0.667
12	0.378	0.392	52	0.667	0.671
13	0.392	0.406	53	0.671	0.675
14	0.406	0.418	54	0.675	0.678
15	0.418	0.430	55	0.678	0.682
16	0.430	0.441	56	0.682	0.685
17	0.441	0.452	57	0.685	0.689
18	0.452	0.463	58	0.689	0.692
19	0.463	0.473	59	0.692	0.695
20	0.473	0.482	60	0.695	0.699
21	0.482	0.491	61	0.699	0.702
22	0.491	0.500	62	0.702	0.705
23	0.500	0.509	63	0.705	0.708
24	0.509	0.517	64	0.708	0.711
25	0.517	0.525	65	0.711	0.714
26	0.525	0.533	66	0.714	0.717
27	0.533	0.540	67	0.717	0.719
28	0.540	0.547	68	0.719	0.722
29	0.547	0.554	69	0.722	0.725
30	0.554	0.561	70	0.725	0.727
31	0.561	0.568	71	0.727	0.730
32	0.568	0.574	72	0.730	0.733
33	0.574	0.580	73	0.733	0.735
34	0.580	0.586	74	0.735	0.738
35	0.586	0.592	75	0.738	0.740
36	0.592	0.598	76	0.740	0.743
37	0.598	0.603	77	0.743	0.745
38	0.603	0.609	78	0.745	0.747
39	0.609	0.614	79	0.747	0.750
40	0.614	0.619	80	0.750	0.752

【0136】

実施例2の対物レンズに関して、 $\Delta W1$ ((9) 式) の値は、 $W(\lambda_0, T_0) = 0.001 \lambda_{rms}$ ($\lambda_0 = 405 \text{ nm}$ 、 $T_0 = 25^\circ\text{C}$)、 $W(\lambda_2, T_1) = 0.020 \lambda_{rms}$ ($\lambda_2 = 406.5 \text{ nm}$ 、 $T_1 = 55^\circ\text{C}$) であるので、 $\Delta W1 = 0.019 \lambda_{rms}$ である。また、 $\Delta W2$ ((10) 式) の値は、 $W(\lambda_0, T_0) = 0.001 \lambda_{rms}$ ($\lambda_0 = 405 \text{ nm}$ 、 $T_0 = 25^\circ\text{C}$)、 $W(\lambda_1, T_0) = 0.022 \lambda_{rms}$ ($\lambda_2 = 410 \text{ nm}$ 、 $T_0 = 25^\circ\text{C}$) である。

ので、 $\Delta W2 = 0.021 \lambda_{rms}$ である。又、実施例2における(8A)式の値は、 -42 である。

【0137】

実施例3は、入射光束径 1.0 mm 、焦点距離 $f = 0.59 \text{ mm}$ 、 $NA 0.85$ 、設計基準波長 405 nm 、設計基準温度 25°C のプラスチック単レンズであり、上述した実施の形態における対物レンズ4として好適な対物レンズである、実施例3の対物レンズの第1面は、表6に示すように、その境界で光軸方向に約 $1.5 \mu\text{m}$ 乃至 $2.3 \mu\text{m}$ の段差 Δ を持つ輪帯構造が、有効径内で6本形成されており、この輪帯構造の作用により温度収差を良好に補正している。

【0138】

実施例3の対物レンズに関して、 $\Delta W1$ ((9)式)の値は、 $W(\lambda_0, T_0) = 0.002 \lambda_{rms}$ ($\lambda_0 = 405 \text{ nm}$ 、 $T_0 = 25^\circ\text{C}$)、 $W(\lambda_2, T_1) = 0.015 \lambda_{rms}$ ($\lambda_2 = 406.5 \text{ nm}$ 、 $T_1 = 55^\circ\text{C}$)であるので、 $\Delta W1 = 0.013 \lambda_{rms}$ である。また、 $\Delta W2$ ((10)式)の値は、 $W(\lambda_0, T_0) = 0.002 \lambda_{rms}$ ($\lambda_0 = 405 \text{ nm}$ 、 $T_0 = 25^\circ\text{C}$)、 $W(\lambda_1, T_0) = 0.015 \lambda_{rms}$ ($\lambda_2 = 410 \text{ nm}$ 、 $T_0 = 25^\circ\text{C}$)であるので、 $\Delta W2 = 0.013 \lambda_{rms}$ である。又、実施例3における(8B)式の値は、第5輪帯が $m_j = 3$ であり、第6輪帯が $m_j = 3$ である。

【0139】

実施例2と実施例3の対物レンズはともに、温度収差の補正量を小さくするために、焦点距離を(8)式を満たすように設定し、さらに、温度収差の補正と色の球面収差の発生量とがそれぞれ(11)乃至(13)式を満たすように両者の間のバランスをとった設計となっているので、高NAのプラスチック単レンズでありながら、温度収差と色の球面収差とが、表9に示すように、ともに良好なレンズとなっている。

【表 9】

	温度収差(+30℃)	色の球面収差(+5nm)
実施例2	0.020 λ rms	0.022 λ rms
実施例3	0.015 λ rms	0.015 λ rms

【0140】

尚、表9において、温度収差を計算する際には、プラスチックレンズの温度上昇に伴う屈折率の変化率を -9.0×10^{-5} とし、温度上昇に伴う入射光の波長の変化率を $+0.05 \text{ nm/}^\circ\text{C}$ としている。

【0141】

表11に実施例5の対物レンズのレンズデータを示し、表15に実施例6のレンズデータを示す。表10、11及び表15のレンズデータにおいて、 r (mm) は曲率半径、 d (mm) は面間隔、N405は波長405 nmにおける屈折率、 νd はd線におけるアッペ数を表す。

【表 10】

【実施例4】

面番号	r (mm)	d (mm)	N405	νd	備考
0		3.7500			光源
1	0.2136	0.3750	1.56013	56.7	対物レンズ
2	-0.2910	0.0742			
3	∞	0.1000	1.61950	30.0	保護層
4	∞				

非球面係数

	第1面	第2面
κ	-6.5380E-01	-2.9101E-01
A4	5.9438E-01	-8.1619E+00
A6	2.0735E+01	3.9794E+01
A8	-2.1582E+01	-1.4824E+03
A10	2.8863E+03	3.2709E+04
A12	5.9020E+03	-4.4513E+05
A14	-5.2839E+05	3.4193E+06
A16	-1.7610E+06	-1.1349E+07
A18	4.3204E+07	
A20	-3.1642E+08	

【表 11】

【実施例5】

面番号	r (mm)	d (mm)	N405	νd	備考 光源
0		5.0000			
1	0.2769	0.5240	1.56013	56.7	対物レンズ
2	-0.3763	0.1000			
3	∞	0.1000	1.61950	30.0	保護層
4	∞				

非球面係数

	第1面	第2面
K	-6.8145E-01	-9.4697E+00
A4	-3.0262E-02	1.9844E+01
A6	1.1148E+00	-4.5104E+02
A8	-1.5150E+01	6.0959E+03
A10	3.1738E+02	-5.2115E+04
A12	2.4517E+02	2.5579E+05
A14	-1.9895E+04	-5.5335E+05
A16	-2.8487E+03	
A18	9.0622E+05	
A20	-4.9449E+06	

回折面係数

	第1面
b4	-2.6238E-01
b6	-1.9998E+00

【表15】

面番号	r (mm)	d (mm)	N405	v d	備考 光源
0		5.000			
1	下表参照	下表参照	1.56013	56.7	対物レンズ
2	-0.3424	0.0956			
3	∞	0.1000	1.61950	30.0	保護層
4	∞				

非球面係数

	第1面						
輪帯番号	1	2	3	4	5	6	7
始点高さ (mm)	0.000	0.100	0.145	0.180	0.215	0.315	0.338
終点高さ (mm)	0.100	0.145	0.180	0.215	0.315	0.338	0.373
r (mm)	0.2812	0.2808	0.2806	0.2804	0.2798	0.2817	0.2796
d (mm)	0.540000	0.541446	0.542912	0.544382	0.545818	0.543517	0.540000
κ	-6.5614E-01	-6.7753E-01	-6.9605E-01	-6.7324E-01	-6.6181E-01	-6.5835E-01	-6.7741E-01
A4	2.2680E-01	3.4429E-01	5.1719E-01	3.7736E-01	2.8692E-01	2.6051E-01	6.6914E-02
A6	4.4574E+00	4.4574E+00	4.4574E+00	4.4574E+00	4.4574E+00	4.6743E+00	6.1404E+00
A8	-1.4000E+01	-1.4000E+01	-1.4000E+01	-1.4000E+01	-1.4000E+01	-1.4000E+01	-1.4000E+01
A10	3.2216E+02	3.2216E+02	3.2216E+02	3.2216E+02	3.2216E+02	3.2216E+02	3.2216E+02
A12	5.1481E+02	5.1481E+02	5.1481E+02	5.1481E+02	5.1481E+02	5.1481E+02	5.1481E+02
A14	-1.9311E+04	-1.9311E+04	-1.9311E+04	-1.9311E+04	-1.9311E+04	-1.9311E+04	-1.9311E+04
A16	-1.2688E+04	-1.2688E+04	-1.2688E+04	-1.2688E+04	-1.2688E+04	-1.2688E+04	-1.2688E+04
A18	8.2257E+05	8.2257E+05	8.2257E+05	8.2257E+05	8.2257E+05	8.2257E+05	8.2257E+05
A20	-5.0807E+06	-5.0807E+06	-5.0807E+06	-5.0807E+06	-5.0807E+06	-5.0807E+06	-5.0807E+06

	第2面
κ	-9.1512E+00
A4	1.9167E+01
A6	-4.5257E+02
A8	6.1555E+03
A10	-5.1764E+04
A12	2.4522E+05
A14	-5.0382E+05
A16	
A18	
A20	

【0142】

実施例4は、焦点距離0.30mm、NA0.85、設計基準波長405nm、結像倍率-0.084、設計基準温度25℃のプラスチック単レンズである。なお、実施例4の対物レンズにおいて、光束を規制する絞りを第1面の面頂点位置に配置した場合、その絞り径は0.532mmとなる。焦点距離を(6A)式を満たすように設定したので、高NAの有限共役型プラスチック単レンズでありながら、温度収差とモードホッピングが生じた際の波面収差が、表12に示すように、ともに良好なレンズとなっている。

【表12】

	温度収差(+30℃)	モードホッピング(+1nm)
実施例4	0.028 λ rms	0.024 λ rms

【0143】

なお、表12において、温度収差を計算する際には、プラスチックレンズの温

度上昇に伴う屈折率の変化率を -9.0×10^{-5} とし、温度上昇に伴う入射光の波長の変化率を $+0.05 \text{ nm/}^\circ\text{C}$ とし、モードホッピングが生じた際の波面収差を計算する際には、青紫色半導体レーザのモードホッピングによる波長変化量を $+1 \text{ nm}$ と仮定し、対物レンズのフォーカス位置は 405 nm の最良像面位置に固定した。

【0144】

実施例4の対物レンズに関して、 ΔW ((3) 式) の値は、 $W(\lambda_0, T_0) = 0.000 \lambda_{\text{rms}}$ ($\lambda_0 = 405 \text{ nm}$, $T_0 = 25^\circ\text{C}$)、 $W(\lambda_0, T_1) = 0.028 \lambda_{\text{rms}}$ ($\lambda_0 = 405 \text{ nm}$, $T_1 = 55^\circ\text{C}$) であるので、 $\Delta W = 0.028 \lambda_{\text{rms}}$ である。また、 Δf_B ((5) 式) の値は、 $\Delta f_B(\lambda_0, T_0) = 0.0742 \text{ mm}$ ($\lambda_0 = 405 \text{ nm}$, $T_0 = 25^\circ\text{C}$)、 $\Delta f_B(\lambda_1, T_0) = 0.0746 \text{ mm}$ ($\lambda_1 = 410 \text{ nm}$, $T_0 = 25^\circ\text{C}$) であるので、 $\Delta f_B = 0.0004 \text{ mm}$ である。

【0145】

実施例5は、焦点距離 0.40 mm 、 $\text{NA } 0.85$ 、設計基準波長 405 nm 、結像倍率 -0.083 、設計基準温度 25°C のプラスチック単レンズであり、実施の形態における対物レンズ1として好適な対物レンズである。なお、実施例5の対物レンズにおいて、光束を規制する絞りを第1面の面頂点位置に配置した場合、その絞り径は 0.708 mm となる。実施例5の対物レンズの第1面には、表13に示すように、その境界で光軸方向に約 $0.7 \mu\text{m}$ 乃至 $1.1 \mu\text{m}$ の段差 Δ を持つ回折構造としての輪帯構造が、有効径内で27本形成されており、この輪帯構造に青紫色半導体レーザからのレーザ光が入射すると、1次回折光が最大の回折光量を有するように発生し（すなわち、この輪帯構造は波長 405 nm 、回折次数1で最適化されている（最も回折効率が高くなっている））、この輪帯構造の回折作用により温度収差を良好に補正している。

【表 13】

輪帯番号	始点高さ (mm)	終点高さ (mm)
1	0.000	0.187
2	0.187	0.218
3	0.218	0.238
4	0.238	0.254
5	0.254	0.266
6	0.266	0.277
7	0.277	0.286
8	0.286	0.294
9	0.294	0.301
10	0.301	0.308
11	0.308	0.314
12	0.314	0.319
13	0.319	0.325
14	0.325	0.330
15	0.330	0.334
16	0.334	0.339
17	0.339	0.343
18	0.343	0.347
19	0.347	0.351
20	0.351	0.354
21	0.354	0.358
22	0.358	0.361
23	0.361	0.364
24	0.364	0.368
25	0.368	0.371
26	0.371	0.373
27	0.373	0.376

【0146】

実施例5の対物レンズに関して、 $\Delta W1$ ((9) 式) の値は、 $W(\lambda_0, T_0) = 0.000 \lambda_{rms}$ ($\lambda_0 = 405 \text{ nm}$ 、 $T_0 = 25^\circ\text{C}$)、 $W(\lambda_2, T_1) = 0.018 \lambda_{rms}$ ($\lambda_2 = 406.5 \text{ nm}$ 、 $T_1 = 55^\circ\text{C}$) であるので、 $\Delta W1 = 0.018 \lambda_{rms}$ である。また、 $\Delta W2$ ((10) 式) の値は、 $W(\lambda_0, T_0) = 0.000 \lambda_{rms}$ ($\lambda_0 = 405 \text{ nm}$ 、 $T_0 = 25^\circ\text{C}$)、 $W(\lambda_1, T_0) = 0.019 \lambda_{rms}$ ($\lambda_1 = 410 \text{ nm}$ 、 $T_0 = 25^\circ\text{C}$) であるので、 $\Delta W2 = 0.019 \lambda_{rms}$ である。

【0147】

実施例5の対物レンズは、温度収差の補正量を小さくするために、焦点距離を (13A) 式を満たすように設定し、さらに、温度収差の補正と色の球面収差の発生量とがそれぞれ (9) 乃至 (11) 式を満たすように両者の間のバランスをとった設計となっているので、高NAの有限共役型プラスチック単レンズであり

ながら、温度収差と色の球面収差とが、表14に示すように、ともに良好なレンズとなっている。

【表14】

	温度収差(+30℃)	色の球面収差(+5nm)
実施例5	0.018λ rms	0.019λ rms

【0148】

表14において、温度収差を計算する際には、プラスチックレンズの温度上昇に伴う屈折率の変化率を -9.0×10^{-5} とし、温度上昇に伴う入射光の波長の変化率を $+0.05 \text{ nm/℃}$ とした。又、実施例5における(8A)式の値は、 -45 である。

【0149】

実施例6は、焦点距離 0.40 mm 、 $\text{NA } 0.85$ 、設計基準波長 405 nm 、結像倍率 -0.083 、設計基準温度 25 ℃ のプラスチック単レンズであり、実施の形態における対物レンズ4として好適な対物レンズである。なお、実施例6の対物レンズにおいて、光束を規制する絞りを第1面の面頂点位置に配置した場合、その絞り径は 0.702 mm となる。実施例6の対物レンズの第1面は、表15に示すように、その境界で光軸方向に約 $1.5 \mu\text{m}$ 乃至 $4.0 \mu\text{m}$ の段差 Δ を持つ輪帯構造が、有効径内で7本形成されており、この輪帯構造の作用により温度収差を良好に補正している。

【0150】

実施例6の対物レンズに関して、 $\Delta W1$ ((9)式)の値は、 $W(\lambda_0, T_0) = 0.002 \lambda \text{ rms}$ ($\lambda_0 = 405 \text{ nm}$ 、 $T_0 = 25 \text{ ℃}$)、 $W(\lambda_2, T_1) = 0.020 \lambda \text{ rms}$ ($\lambda_2 = 406.5 \text{ nm}$ 、 $T_1 = 55 \text{ ℃}$)であるので、 $\Delta W1 = 0.018 \lambda \text{ rms}$ である。また、 $\Delta W2$ ((10)式)の値は、 $W(\lambda_0, T_0) = 0.002 \lambda \text{ rms}$ ($\lambda_0 = 405 \text{ nm}$ 、 $T_0 = 25 \text{ ℃}$)、 $W(\lambda_1, T_0) = 0.032 \lambda \text{ rms}$ ($\lambda_1 = 410 \text{ nm}$ 、 $T_0 = 25 \text{ ℃}$)であるので、 $\Delta W2 = 0.030 \lambda \text{ rms}$ である。又、実施例6における(8B)式の値は、第6輪帯が $m_j = 5$ であり、第7輪帯が $m_j = 7$ である。

【0151】

実施例 6 の対物レンズは、温度収差の補正量を小さくするために、焦点距離を (6A) 式を満たすように設定し、さらに、温度収差の補正と色の球面収差の発生量とがそれぞれ (11) 乃至 (13) 式を満たすように両者の間のバランスをとった設計となっているので、高 NA の有限共役型プラスチック単レンズでありながら、温度収差と色の球面収差とが、表 16 に示すように、ともに良好なレンズとなっている。

【表 16】

	温度収差 (+30℃)	色の球面収差 (+5nm)
実施例 6	0.020 λ rms	0.032 λ rms

【0152】

表 16 において、温度収差を計算する際には、プラスチックレンズの温度上昇に伴う屈折率の変化率を -9.0×10^{-5} とし、温度上昇に伴う入射光の波長の変化率を $+0.05 \text{ nm}/^\circ\text{C}$ としている。

【0153】

各実施例における上述の (16) 式の値 $\{(X1 - X2) \cdot (N - 1) / (NA \cdot f \cdot \sqrt{1 + |m|})\}$ は、以下の通りである。

実施例 1 : 0.471

実施例 2 : 0.454

実施例 3 : 0.490

実施例 4 : 0.576

実施例 5 : 0.538

実施例 6 : 0.558

【0154】

【発明の効果】

本発明によれば、高 NA の対物レンズを使用する光ピックアップ装置の対物レンズとして適用可能なプラスチック単レンズであって、利用可能な温度範囲が十分に広く、かつ、光源のモードホッピングによる集光性能の劣化の小さいプラス

チック単レンズを提供し、それにより高性能な光ピックアップ装置及び光情報記録再生装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本実施の形態の対物レンズ 1 を示す概略図である。

【図 2】

本実施の形態の対物レンズ 4 を示す概略図である。

【図 3】

非球面である 2 つの光学面を有する両凸のプラスチック単レンズの、設計基準温度から 30℃温度が上昇した場合の波面の様子を表す図である。

【図 4】

第 1 の実施の形態の光ピックアップ装置（光情報記録再生装置）の構成を概略的に示す図である。

【図 5】

バックフォーカス f_B を説明するための図である。

【図 6】

第 2 の実施の形態の光ピックアップ装置（光情報記録再生装置）の構成を概略的に示す図である。

【符号の説明】

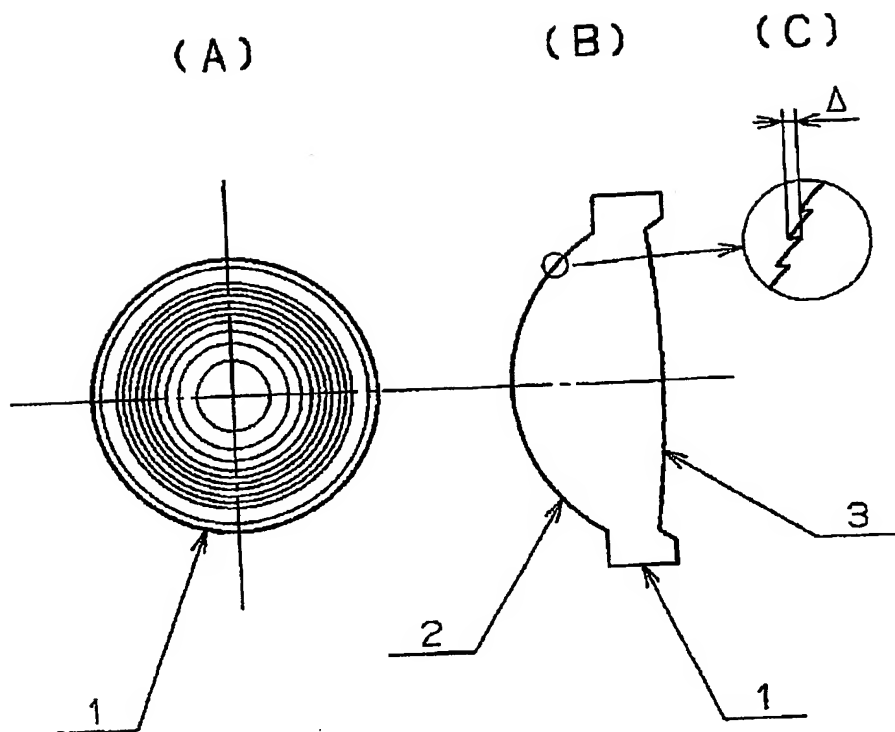
- 1, 4 対物レンズ
- 7, 7' 光ピックアップ装置
- 8 半導体レーザ
- 10 光ディスク
- 12 コリメートレンズ
- 13 1/4 波長板
- 15 アクチュエータ
- 16 シリンドリカルレンズ
- 17 凹レンズ
- 18 光検出器

19 アクチュエータ

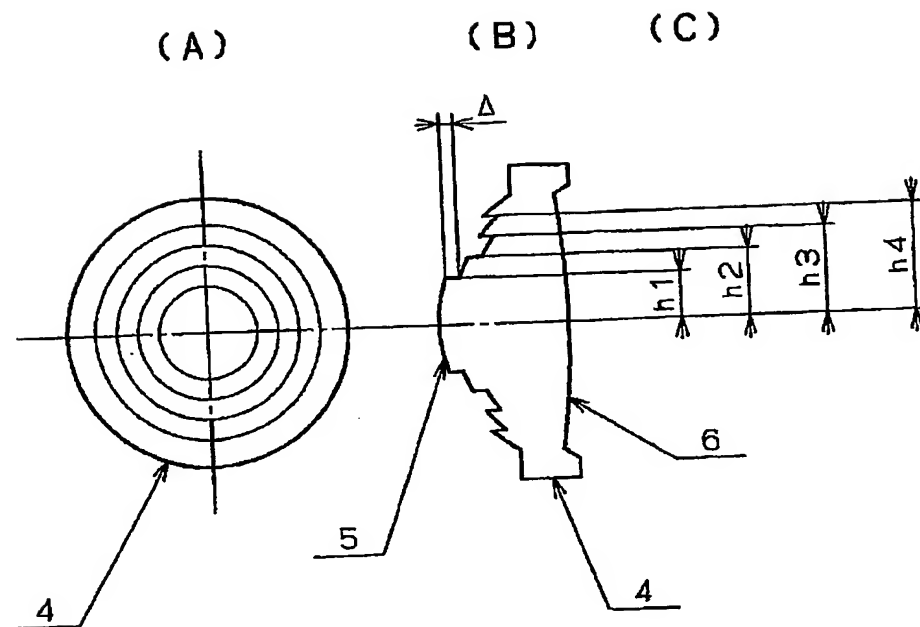
【書類名】

図面

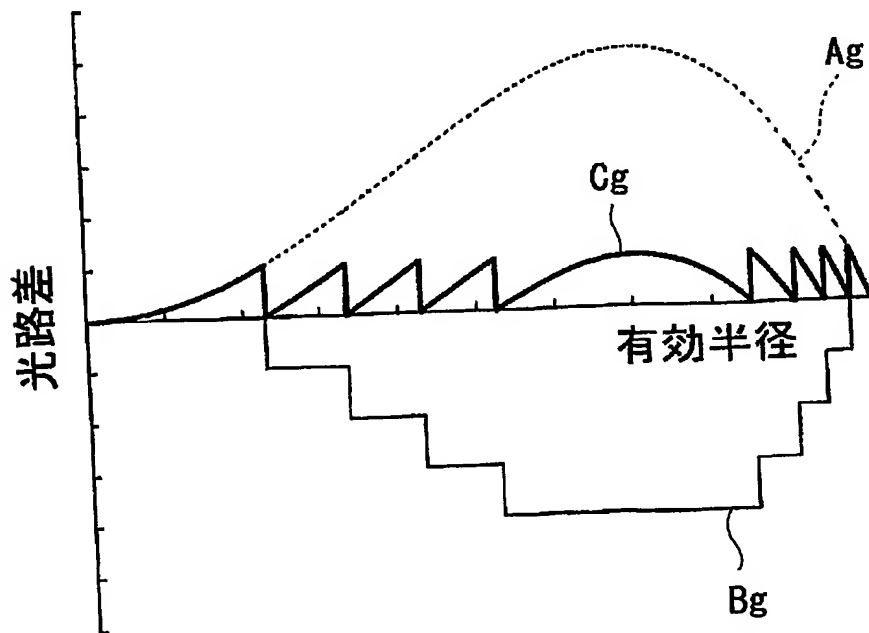
【図1】



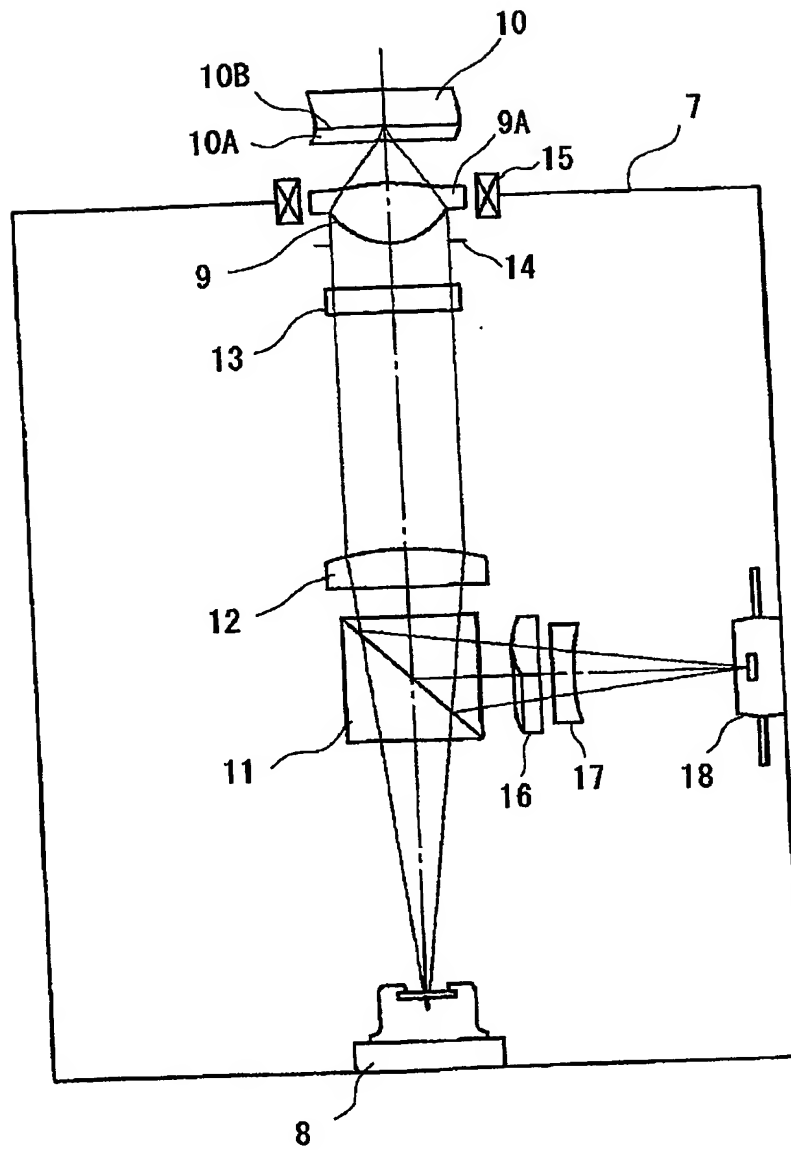
【図 2】



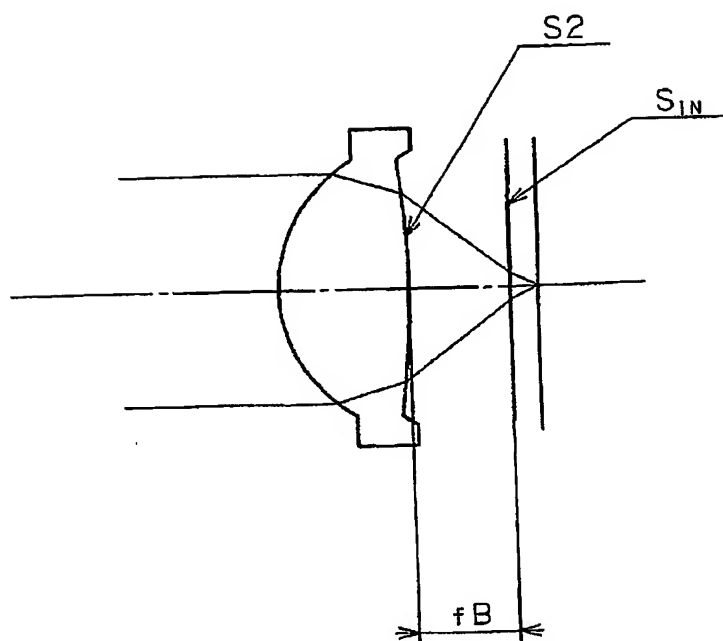
【図 3】



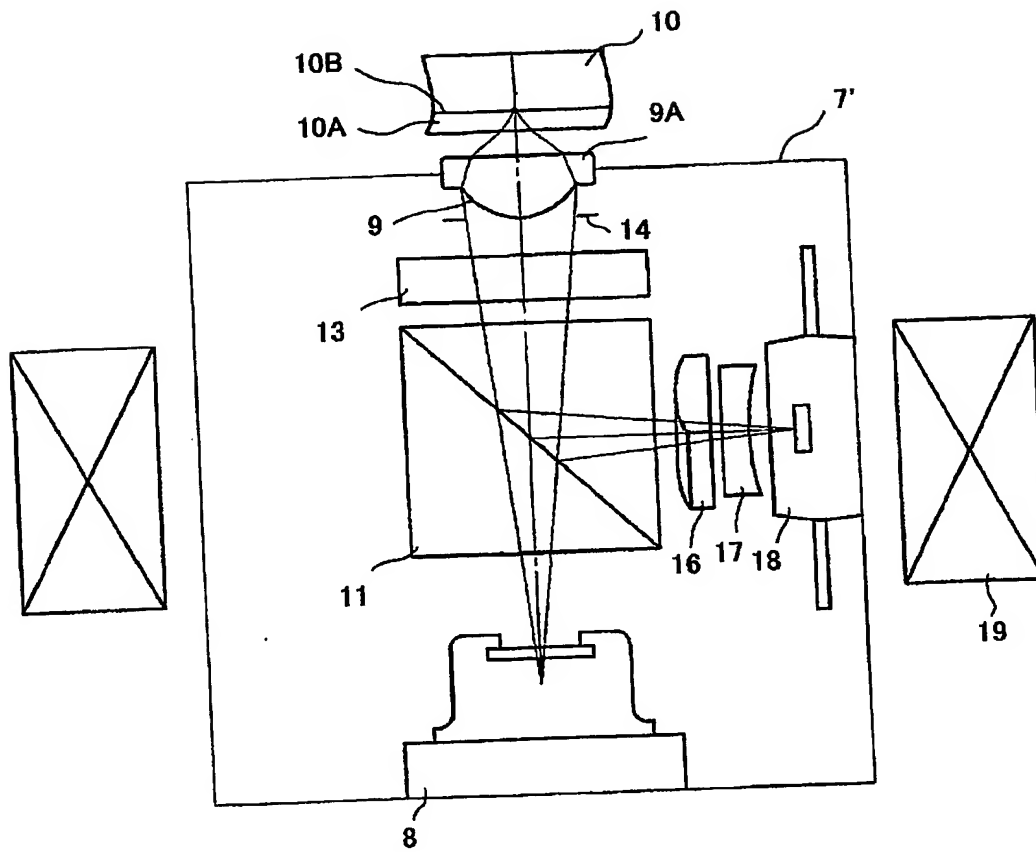
【図4】



【図5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

高NAの対物レンズを使用する光ピックアップ装置の対物レンズとして適用可能なプラスチック単レンズであって、利用可能な温度範囲が十分に広く、かつ、光源のモードホッピングによる集光性能の劣化の小さいプラスチック単レンズを提供し、それにより高性能な光ピックアップ装置及び光情報記録再生装置を提供する。

【解決手段】

対物レンズにおいて、焦点距離の上限を定めることで、高NAのプラスチック単レンズであっても、温度収差が大きくなりすぎないようにしている。更に、屈折型のプラスチック単レンズでは、温度収差を完全にゼロとするのは不可能であるが、焦点距離が上限を越えないようにすることで、光ピックアップ装置における実使用上の温度範囲内での温度収差を許容範囲内に抑えることができる。一方、焦点距離を小さくすることは、温度収差の補正量という観点からは有利となるが、焦点距離が小さくなりすぎると、作動距離や像高特性という観点からは不利となる。高NA対物レンズの設計においては、作動距離の確保は光情報記録媒体との衝突を防ぐうえで非常に重要な問題であり、焦点距離が小さくなりすぎると、その分作動距離が失われるので好ましくない。また、相対的に焦点距離が大きい対物レンズと、同じ像高を得ようとする、相対的に焦点距離が小さい対物レンズへの入射角度が大きくなるので非点収差やコマ収差が劣化する。従って、対物レンズの焦点距離を小さくするのは、像高特性の観点からも好ましくないといえる。そこで、焦点距離の下限を定めることで、必要十分な作動距離と像高特性を確保した。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 0 4 2 2 6 9
受付番号	5 0 3 0 0 2 7 0 5 7 7
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0 0 9 0
作成日	平成 1 5 年 3 月 5 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成 1 5 年 2 月 2 0 日
-------	--------------------

次頁無

特願 2 0 0 3 - 0 4 2 2 6 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 1 2 7 0]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 1 4 日
 [変更理由] 新規登録
 住 所 東京都新宿区西新宿 1 丁目 2 6 番 2 号
 氏 名 コニカ株式会社

2. 変更年月日 2 0 0 3 年 8 月 4 日
 [変更理由] 名称変更
 住 所 東京都新宿区西新宿 1 丁目 2 6 番 2 号
 氏 名 コニカミノルタホールディングス株式会社

3. 変更年月日 2 0 0 3 年 8 月 2 1 日
 [変更理由] 住所変更
 住 所 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 1 号
 氏 名 コニカミノルタホールディングス株式会社